

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR  
CATHERINE DROUIN

ÉVALUATION DES RISQUES ASSOCIÉS AU TRANSPORT ROUTIER DES  
MATIÈRES DANGEREUSES ET PLANIFICATION DES MESURES D'URGENCE :  
APPLICATION À LA MUNICIPALITÉ DE CHÂTEAUGUAY

DÉCEMBRE 2006

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

*Ce qu'il faut toujours prévoir,  
c'est l'imprévu.*

*Victor Hugo*

## **REMERCIEMENTS**

Tout projet de recherche demande de nombreuses heures à la bibliothèque ou devant l'ordinateur. On se sent parfois seul mais en bout de ligne, on se rend compte que l'aventure est tout de même loin d'être solitaire. Ainsi, il est impossible de passer sous silence le soutien de mes proches. Merci pour vos encouragements et votre intérêt envers ce que je fais.

L'apport du directeur de recherche a aussi une importance capitale dans l'avancement d'un projet d'études supérieures. Merci à Denis Leroux, Ph. D., professeur de géographie à l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour la confiance et les conseils.

Enfin, je souhaite souligner le soutien financier des organismes suivants: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, Fondation du Centre d'études universitaires de Trois-Rivières, Association québécoise du transport et des routes.

## RÉSUMÉ

La tempête de verglas survenue en 1998 a été le point de départ d'une vaste prise de conscience au sujet de la gestion des catastrophes et du niveau de préparation nécessaire pour y faire face. Suite à ces constatations, les exigences en matière de sécurité civile se sont accrues avec l'entrée en vigueur de la nouvelle Loi sur la sécurité civile (Gouvernement du Québec 2003). Toutefois, le transport routier des matières dangereuses, bien que reconnu comme étant une source de risques, semble souvent négligé. Pourtant, une enquête origine-destination menée en 2001 a permis de mettre en lumière l'importance du transport routier des matières dangereuses en Montérégie (Leroux et Beaudoin 2002). Or, devant ce phénomène qui prend de l'ampleur, une analyse rigoureuse des risques et impacts potentiels est essentielle afin de planifier une réponse adéquate. Ce projet de recherche vise donc à proposer une méthode d'analyse permettant de mettre en relation les divers aspects du transport routier des matières dangereuses en vue d'inclure les risques qui y sont associés dans la planification des schémas de sécurité civile municipaux. Pour ce faire, l'étendue géographique des zones affectées par un déversement causé par un accident de la route est d'abord évalué à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique (ALOHA). La répartition spatiale de la population basée sur une caractéristique du territoire est ensuite utilisée afin d'estimer le nombre de personnes touchées. Les différentes analyses réalisées à l'aide d'un système d'information géographique permettent également d'identifier les sites particulièrement vulnérables en cas de catastrophes. Les résultats obtenus suite à l'application de cette méthode d'analyse à la municipalité de Châteauguay (Montérégie) mettent en lumière la complexité de telles situations. Par conséquent, les scénarios élaborés indiquent clairement que la planification des mesures d'urgence au niveau municipal doit tenir compte des risques associés au transport routier des matières dangereuses.

**MOTS-CLÉS :** analyse de risques, transport routier, matières dangereuses, SIG, sécurité civile, dispersion atmosphérique, répartition spatiale des populations.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>iii</b>
<b>RÉSUMÉ</b>	<b>iv</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>viii</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>ix</b>
<b>LISTE DES CARTES</b>	<b>x</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b>	<b>xi</b>
<b>CHAPITRE I INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE II TRANSPORT ROUTIER DES MATIÈRES DANGEREUSES ET ANALYSE DES RISQUES</b>	<b>5</b>
2.1 Problématique	5
2.2 Objectifs de l'étude	7
2.3 Contexte théorique	8
2.3.1 La notion de risque	8
2.3.2 Le transport des matières dangereuses	9
2.3.3 Les systèmes d'information géographique et l'analyse de risques	11
2.3.4 La modélisation de la dispersion atmosphérique	12
2.3.5 La cartographie dasymétrique	13
2.3.6 Mesures de protection de la population : évacuation et confinement sur place	13

<b>CHAPITRE III</b>	<b>DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....</b>	<b>16</b>
3.1	Identification du site d'étude .....	16
3.2	Source et nature des données utilisées .....	19
3.2.1	Données de cartographie .....	19
3.2.2	Données de modélisation .....	21
3.3	Évaluation de l'étendue géographique des zones touchées .....	23
3.3.1	Modélisation de la dispersion atmosphérique .....	23
3.3.2	Identification des sites accidentogènes .....	24
3.4	Répartition spatiale de la population .....	25
3.4.1	Répartition selon le réseau routier .....	25
3.4.2	Répartition selon l'occupation du sol : la cartographie dasymétrique .....	25
3.4.3	Les mouvements quotidiens de la population .....	28
3.5	Évaluation du risque .....	29
3.5.1	Calcul des populations affectées .....	29
3.5.2	Identification de sites vulnérables .....	30
<b>CHAPITRE IV</b>	<b>LES RÉSULTATS .....</b>	<b>31</b>
4.1	Identification des zones d'impact .....	31
4.2	Estimation des populations touchées .....	39
4.2.1	La cartographie dasymétrique .....	39
4.2.2	Précision de l'estimation des populations touchées : la cartographie dasymétrique versus la présence de route .....	42
4.3	Les secteurs particulièrement vulnérables .....	42
4.3.1	La densité de population .....	42

---

4.3.2	Les écoles .....	44
4.3.3	Le Centre hospitalier Anna-Laberge .....	44
4.3.4	Les routes nationales .....	45
<b>CHAPITRE V</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>48</b>
5.1	Analyse du risque associé au transport routier des matières dangereuses .....	48
5.1.1	Portrait de la situation pour le site d'étude .....	48
5.1.2	Les autres risques .....	50
5.2	L'évacuation : une option envisageable? .....	50
5.3	Éléments à prévoir au schéma de sécurité civile municipal .....	51
<b>CHAPITRE VI</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>		<b>60</b>
<b>ANNEXE A</b>	<b>NORMALES CLIMATIQUES 1971-2000 : STATION DE L'AÉROPORT INTERNATIONAL PIERRE-ELLIOT-TRUDEAU .....</b>	<b>65</b>
<b>ANNEXE B</b>	<b>MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE : RÉSULTATS OBTENUS AVEC ALOHA 5.4 .....</b>	<b>71</b>
<b>ANNEXE C</b>	<b>AUTRES CARTES ILLUSTRANT LES SCÉNARIOS RÉALISÉS POUR CHÂTEAUGUAY.....</b>	<b>83</b>



## **LISTE DES TABLEAUX**

3.1	Conditions de transport des matières dangereuses sélectionnées .....	21
3.2	Conditions météorologiques utilisées pour la modélisation des déversements de matières dangereuses à Châteauguay .....	22
4.1	Estimation des paramètres obtenus par la cartographie dasymétrique et résultats des tests de T .....	41
4.2	Estimation des populations touchées .....	43

## **LISTE DES FIGURES**

2.1	Deux façons de définir le risque à partir de l'exemple du transport des matières dangereuses .....	9
2.2	Répartition des accidents impliquant une matière dangereuse au Québec selon le mode de transport, 1988-2002 .....	10
2.3	Simulation des concentrations pour une exposition d'une heure .....	15
3.1	Démarche méthodologique du projet .....	17
4.1	Dispersion atmosphérique de l'ammoniac .....	35
4.2	Dispersion atmosphérique du propane .....	36
5.1	Concentration atmosphérique d'ammoniac au centre du panache de dispersion ..	52
5.2	Concentration atmosphérique de propane au centre du panache de dispersion ...	53

## LISTE DES CARTES

3.1	Localisation du site d'étude .....	18
3.2	Réseau routier local, Municipalité de Châteauguay .....	20
3.3	Sites accidentogènes identifiés par le MTQ pour le secteur de Châteauguay .....	26
4.1	Déversements d'ammoniaque en solution à Châteauguay .....	32
4.2	Déversements de méthanol à Châteauguay .....	33
4.3	Déversements de peroxyde d'hydrogène à Châteauguay .....	34
4.4	Déversements d'ammoniac à Châteauguay, à partir d'un trou dans des conditions estivales .....	37
4.5	Déversements d'ammoniac à Châteauguay, à partir d'un trou dans des conditions hivernales .....	38
4.6	Comparaison des densités de population obtenues selon deux méthodes d'estimation pour la ville de Châteauguay .....	40
4.7	Déversements d'ammoniac à Châteauguay, à partir d'une valve dans des conditions estivales .....	46
4.8	Déversements d'ammoniac à Châteauguay, à partir d'une valve dans des conditions hivernales .....	47

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

AD	Aire de diffusion
AIHA	American Industrial Hygien Association
ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmosphere
CH	Centre hospitalier
CHSLD	Centre hospitalier de soins de longue durée
EPA	Environmental Protection Agency (Etats-Unis)
ERPG	Emergency response planning guidelines
IDLH	Immediate Danger to life or health
MTQ	Ministère des Transports du Québec
MSP	Ministère de la Sécurité Publique
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Etats-Unis)
SIACMD	Système d'information sur les accidents concernant les matières dangereuses
SIG	Système d'information géographique

# CHAPITRE I

## INTRODUCTION

Le 5 janvier 1998, les Québécois font face à un phénomène naturel inattendu pour cette période de l'année : il pleut. Cinq jours plus tard, la consternation et le désarroi règnent dans le sud-ouest du Québec. La tempête de pluie verglaçante a laissé derrière elle des accumulations de glace atteignant jusqu'à 100 millimètres, des dizaines de milliers d'arbres qui ploient et cèdent sous ce poids, plus de 900 pylônes réduits en amas de ferraille et 24 000 poteaux en bois cassés qui obligeront la reconstruction de 3 000 kilomètres de lignes électriques, trois millions de personnes privées d'électricité en plein hiver et 15 morts (Francoeur 1998). Mais le bilan de cette catastrophe ne se limite pas aux millions de dollars de dommages et aux nombres de victimes. La tempête de verglas a été le point de départ d'une vaste prise de conscience au sujet de la gestion des catastrophes et de l'état de préparation nécessaire pour y faire face.

Afin de palier les lacunes évidentes du système de sécurité civile du Québec mises en lumière lors de la crise du verglas, un panel d'experts a été chargé d'examiner le cours des événements de janvier 1998. De la *Commission scientifique et technique chargée d'analyser les événements relatifs à la tempête de verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998*, présidée par Roger Nicolet, résultera un rapport en 4 volumes sur les enseignements à tirer de la gestion de cette crise sans précédent. Aux termes de l'enquête, un constat s'est imposé : les municipalités du Québec sont plutôt mal préparées pour affronter l'imprévisible. Pourtant, bon nombre d'entre elles possèdent un plan de mesures d'urgence. En réalité, l'existence d'un tel plan ne garantit en rien une capacité de réaction face à une situation car il doit aussi être mis à jour et correspondre aux risques réels pouvant survenir à un endroit donné (Nicolet 1999). L'absence de volonté gouvernementale claire et de culture de sécurité civile au Québec amène aussi la Commission à recommander l'élaboration d'une politique officielle de sécurité civile dans

le but de définir les objectifs et de mettre en œuvre les moyens nécessaires à une préparation adéquate face à une situation de crise.

Pour faire suite aux conclusions de la Commission Nicolet, les textes de loi ont été remodelés et la Loi sur la protection des personnes et des biens en cas de sinistre a été remplacée par la Loi sur la sécurité civile (Gouvernement du Québec 2003). Cette dernière a notamment pour but de s'assurer que les municipalités ou, dans certains cas, les municipalités régionales de comté (MRC) se dotent de schéma de sécurité civile adapté aux risques et aux éléments de vulnérabilité du territoire concerné. Mais elle vise aussi à implanter un nouvel encadrement de la sécurité civile dans une perspective beaucoup plus proactive face aux risques. On ne veut plus se limiter à répondre à l'urgence. Dorénavant, il faut également intervenir au niveau de la prévention, de la mitigation et du rétablissement afin de réduire le plus possible les impacts d'un événement malheureux.

Parmi les risques pour lesquels il faut planifier une réponse adéquate, ceux associés au transport forment une catégorie particulière car ils sont généralement acceptés par la société malgré leurs conséquences redoutables (Dauphiné 2003). En fait, habitués à côtoyer les camions lourds autant sur la route qu'en ville, la majorité d'entre nous leur porte plus ou moins attention. Ainsi, le transport routier des matières dangereuses passe souvent inaperçu lorsque le temps est venu de dresser la liste des sources de dangers présentes sur un territoire. Pourtant, il s'agit bien d'un risque identifié par la réglementation en vigueur et devant, par conséquent, faire partie des plans de mesure d'urgence (Gouvernement du Québec 1981). Devant ce constat et les exigences de la nouvelle Loi sur la Sécurité Civile, de nombreux milieux municipaux réalisent la complexité et l'ampleur de la tâche qui les attend (Union des municipalités du Québec 2001).

Recenser les risques associés au transport des matières dangereuses et être en mesure d'y prévoir une réponse n'est certes pas une mince affaire mais les outils géomatiques mis à notre disposition peuvent rendre l'exercice moins rébarbatif. Dans ce

cas, un système d'information géographique, en permettant la mise en relation de plusieurs variables et une représentation graphique des résultats, peut faciliter une analyse des risques au niveau municipal. C'est ce que ce projet entend démontrer. Ce mémoire en présente donc les différentes étapes de réalisation.

Tout d'abord, le chapitre II débute par une présentation détaillée de la problématique à l'origine de ce projet de recherche. Par la suite, les objectifs à atteindre en vue de proposer une méthode d'analyse permettant de tenir compte des risques associés au transport routier des matières dangereuses dans la mise sur pied d'un schéma de sécurité civile municipal sont établis. Les bases théoriques soutenant les démarches entreprises dans le cadre de ce projet de recherche sont également décrites dans cette première partie. Ainsi, la notion de risque, le transport des matières dangereuses, les systèmes d'information géographique, la modélisation de la dispersion atmosphérique, la cartographie dasymétrique et les mesures de protection de la population sont abordés à travers une recension des écrits scientifiques publiés tant ici qu'ailleurs dans le monde.

Le chapitre III fait ensuite état de la démarche méthodologique poursuivie pour la réalisation du projet. Celle-ci est alors divisée en trois étapes principales, soient l'évaluation de l'étendue géographique des zones touchées, les méthodes de répartition spatiale de la population, dont la cartographie dasymétrique, et l'évaluation du risque. Ce troisième chapitre inclut aussi une description du site d'étude, la municipalité de Châteauguay en Montérégie, ainsi que les informations sur la nature et la source des données utilisées pour l'élaboration des scénarios.

Quant à lui, le quatrième chapitre présente les résultats obtenus suite aux analyses. Il s'agit dans un premier temps des panaches de dispersion générés par ALOHA qui sont ensuite localisés le long du réseau routier selon les sites accidentogènes identifiés par le Ministère des Transports. Dans un deuxième temps, les résultats des estimations de populations touchées selon la cartographie dasymétrique et selon la présence de route permettent la comparaison de ces deux techniques de répartition spatiale de la population.

En dernier lieu, les sites pouvant être considérés comme particulièrement vulnérables pour le territoire de Châteauguay sont identifiés.

Enfin, le cinquième chapitre est l'occasion d'une discussion sur les résultats présentés à la section précédente. Le bilan de la situation pour le site d'étude y est d'abord dressé. De plus, les risques qui n'ont pas été pris en compte pour les analyses sont mentionnés. La pertinence du choix de l'évacuation des populations touchées est aussi abordée. Le chapitre se termine sur une réflexion au sujet d'éléments devant être inclus dans les schémas de sécurité civile et dont l'importance est mise en lumière dans le cas des risques associés au transport routier des matières dangereuses.

En conclusion, les possibilités offertes par l'utilisation d'un système d'information géographique dans le cadre de l'analyse des risques associés au transport routier des matières dangereuses sont résumées. De cette façon, il est possible de faire le lien avec les exigences de la Loi sur la Sécurité Civile. De plus, certaines pistes de réflexion portant sur les mesures à adopter au niveau municipal, non seulement en vue de répondre adéquatement aux risques mais aussi de les réduire, sont proposées.



## **CHAPITRE II**

### **TRANSPORT ROUTIER DES MATIÈRES DANGEREUSES ET ANALYSE DES RISQUES**

La conjoncture actuelle a sans doute contribué à faire naître le besoin d'un sentiment accru de sécurité face à divers phénomènes d'origine naturelle, anthropique ou technologique. En ce sens, le transport routier des matières dangereuses pose de nombreux défis tant au niveau de la planification que de la réponse en cas de situation catastrophique. Ce chapitre présente donc les diverses facettes de la problématique étudiée, les objectifs poursuivis ainsi que le contexte théorique qui soutient la démarche d'analyse proposée.

#### **2.1 PROBLÉMATIQUE**

Dans le processus de planification enclenché par les exigences de la Loi sur la Sécurité Civile (Gouvernement du Québec 2003), le transport routier de matières dangereuses, en tant que risque, semble souvent négligé. Bien sûr, le caractère imprévisible des situations pouvant survenir dans ce domaine d'activité rend la tâche rebutante. Toutefois, peut-être ne sommes-nous tout simplement pas conscient du risque ainsi encouru. Pourtant, il s'agit d'un risque technologique majeur, particulièrement en milieu urbain où une population importante vit et travaille à proximité d'axes routiers sur lesquels circulent un nombre toujours grandissant de chargements dangereux (Glatron 2000). Même s'il est le plus souvent sans conséquence grave, l'accident routier peut donc, s'il survient en zone urbaine, prendre des allures de catastrophe (Dubois-Maury et Chaline 2004). De plus, les statistiques canadiennes concernant les accidents impliquant des matières dangereuses indiquent que malgré une baisse du nombre total d'accidents, la proportion d'événements imputables au transport routier augmente sans cesse (Transport Canada 2002). À l'échelle provinciale, les chargements de produits chimiques et

pétrochimiques représentent à eux seuls 11% des déplacements de véhicules lourds, ce qui en fait la 4<sup>e</sup> catégorie de marchandise en importance sur les routes du Québec (Ministère des Transports du Québec 2003). Une enquête origine-destination menée en 2001 a aussi permis de mettre en lumière l'importance du transport routier des matières dangereuses en Montérégie (Leroux et Beaudoin 2002).

Devant ce phénomène qui prend de l'ampleur, une analyse rigoureuse des risques et impacts potentiels est essentielle afin de planifier une réponse adéquate en cas d'urgence. Or, l'évaluation des risques associés au transport routier des matières dangereuses demeure une tâche complexe. D'abord, les accidents impliquant un chargement de matières dangereuses ne sont pas toujours localisés de façon précise sur le réseau routier. Même si une compilation des accidents survenus par le passé peut permettre l'identification de sites accidentogènes, il demeure impossible de prédire avec certitude où se produira le prochain déversement. Ensuite, il faut également déterminer ce qui peut advenir du produit déversé. Bien que la contamination des sols et de la nappe phréatique représentent un danger indéniable, le risque associé à un produit toxique devient des plus redoutables lorsque celui-ci se disperse dans l'air (Dubois-Maury et Chaline 2004). Le recours à un outil de modélisation permettant de simuler la dispersion atmosphérique d'un produit est alors nécessaire afin de déterminer l'aire d'impact du déversement et, par conséquent, d'estimer les populations vulnérables (Chakraborty et Armstrong 1996). Toutefois, comme c'est le cas ailleurs dans le monde, Statistique Canada diffuse les informations issues d'un recensement selon une unité géographique normalisée conçue spécifiquement à cette fin (Puderer 2001) et pour laquelle une répartition spatiale uniforme des habitants doit être assumée. Cette prémisse étant souvent fautive, l'utilisation de ces données agrégées induit un niveau important d'erreur dans l'évaluation des populations à risque (Yuan et al. 1997). Afin d'en augmenter le niveau de précision, la distribution spatiale de la population peut alors être basée sur la présence de routes (Chen et al. 2004) ou encore sur l'occupation du sol (Yuan et al. 1997). L'utilisation de cette dernière caractéristique impliquant une démarche plus complexe, il est important d'évaluer si les résultats ainsi obtenus sont significativement plus précis que ceux issus d'une méthode plus simple. Par la suite, même si le portrait

démographique obtenu grâce à l'application d'une de ces techniques est spatialement plus précis, il n'est réellement fidèle qu'à la situation qui prévaut durant la nuit car il repose sur des données basées sur le lieu de résidence (Chakraborty et Armstrong 1996). Les mouvements quotidiens des habitants vers leurs lieux de travail, d'études ou de loisirs introduisent donc une variable supplémentaire dans l'évaluation des populations vulnérables en cas de catastrophe. Enfin, toutes les informations recueillies au cours de ces analyses doivent être mises en relation afin d'en tirer un portrait utilisable en cas de situation d'urgence. Les scénarios ainsi élaborés peuvent alors servir de base à la mise sur pied des mesures d'évaluation, de mitigation et de réaction face aux risques inhérents au transport routier des matières dangereuses qui doivent être incluses dans les schémas de sécurité civile. (Alhajraf et al. 2005)

## 2.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce projet consiste donc en l'élaboration d'une méthodologie permettant de mettre en relation les divers aspects du phénomène en vue d'inclure les risques associés au transport routier des matières dangereuses dans la planification des schémas de sécurité civile municipaux. En se basant sur les informations recueillies lors de l'enquête origine-destination menée en Montérégie (Leroux et Beaudoin 2002), l'exemple de la ville de Châteauguay illustrera le processus d'analyse proposé dont les objectifs spécifiques sont :

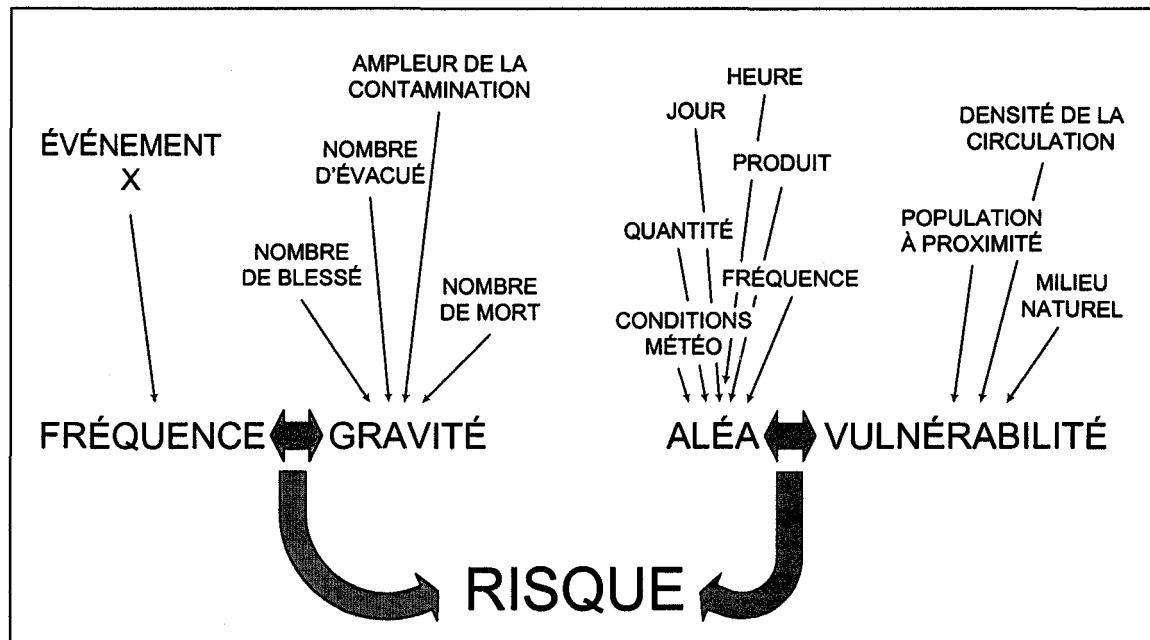
- évaluer l'étendue géographique des zones affectées à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique (ALOHA) et intégrer le résultat à un système d'information géographique;
- appliquer l'approche de la cartographie dasymétrique afin de conjuguer les données démographiques de Statistique Canada avec l'occupation du sol déterminée par le code de biens-fonds contenu dans le rôle municipal d'évaluation foncière;

- valider l'utilité de l'approche de la cartographie dasymétrique ainsi que son degré de précision par comparaison avec les données obtenues suite à l'application d'une méthode de répartition de la population le long du réseau routier;
- proposer une stratégie permettant de tenir compte des mouvements quotidiens de population;
- mettre en relation les informations obtenues afin de démontrer leur utilité dans le contexte de l'élaboration d'un plan d'évacuation applicable en cas de déversement de matière dangereuse sur le réseau routier.

## 2.3 CONTEXTE THÉORIQUE

### 2.3.1 La notion de risque

Le risque est souvent défini comme étant le produit entre la fréquence et la gravité d'un événement (Glatron 2001, Hwang et al. 2001) (figure 2.1). Selon cette perception, la probabilité qu'un événement survienne joue un rôle important dans l'évaluation du risque. Toutefois, il est aussi possible de décrire le risque par la relation entre un aléa et une vulnérabilité (figure 2.1), chacun de ces aspects étant influencé par diverses variables (Dauphiné 2003). Ici, la probabilité qu'un événement se produise n'a plus autant de poids dans la définition du risque car l'appréciation du danger englobe plusieurs autres facteurs. Par exemple, en ce qui concerne le transport des matières dangereuses, l'aléa sera notamment décrit en fonction de la nature d'une substance et de la quantité impliquée dans un accident. Quant à la vulnérabilité, cet aspect permet de considérer l'ensemble des éléments du milieu pouvant potentiellement être affectés alors que la gravité met plutôt l'emphasis sur l'importance des dommages probables. Ainsi, la vulnérabilité donne toute son importance à la notion de risque en milieu urbain à cause de la forte concentration de population qui s'y trouve (Dubois-Maury et Chaline 2004).



**FIGURE 2.1** Deux façons de définir le risque à partir de l'exemple du transport des matières dangereuses.

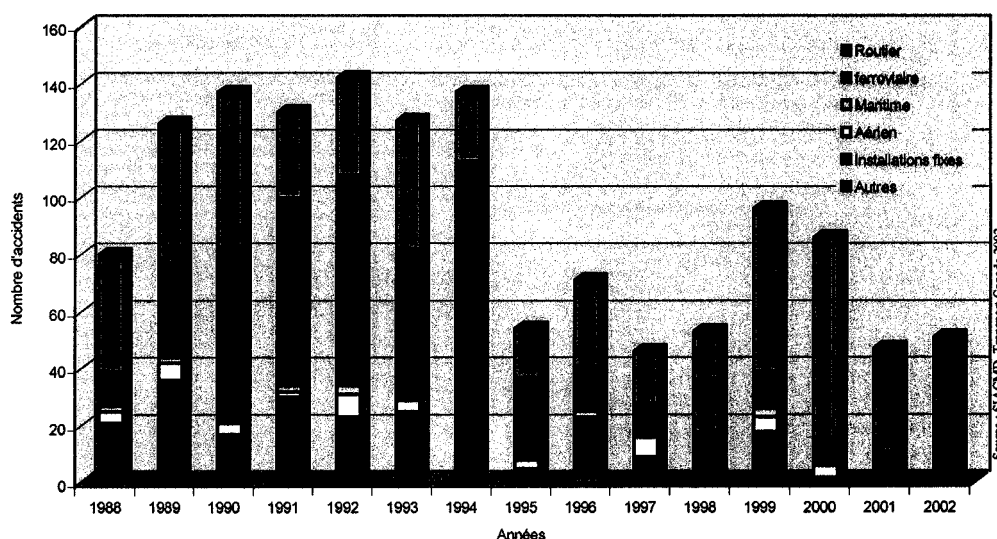
De plus, qu'il soit associé à un chargement de produit toxique ou à une autre cause, le risque peut être considéré sous deux angles distincts. D'un point de vue global, la société considère la portée d'un risque en fonction de la probabilité qu'un événement survienne par rapport à l'ensemble des conséquences possibles. Par contre, dans une perspective individuelle, un résidant voudra connaître les impacts éventuels sur sa santé en fonction de la distance qui le sépare d'un site d'accident. Chaque individu sera sensible à son propre niveau d'exposition aux risques. Une bonne analyse du phénomène doit donc inclure ces deux points de vue. (Saccomanno et Shortreed 1993)

### 2.3.2 Le transport des matières dangereuses

Dans une perspective de recherche de la sécurité, le transport des matières dangereuses est de plus en plus identifié comme une source de risques technologiques. Souvent, les inquiétudes du public visent le passage de wagons-citernes au cœur des communautés ou l'installation projetée d'une conduite de type gazoduc. Pourtant, le transport routier des matières dangereuses représente le mode de transport le plus

important pour cette catégorie de marchandise. En 2002, 46 % de toutes les marchandises dangereuses transportées au Canada ont pris la route. (Provencher 2004)

Pour ce qui est des accidents, tous ceux impliquant des matières dangereuses survenant sur l'ensemble du territoire national sont répertoriés dans le *Système d'information sur les accidents concernant les matières dangereuses (SIACMD)*, une base de données gérée par Transport Canada. Les données ainsi recueillies indiquent que malgré la diminution du nombre total d'accidents au cours des dernières années, la proportion d'événements associés au transport routier ne cesse d'augmenter. Au Canada, entre 1990 et 2000, le pourcentage d'accidents routiers impliquant des matières dangereuses est passé de 26,8 à 66,7 (Transport Canada 2002). La figure 2.2 illustre la même tendance au Québec (39,4% en 1990; 81,4% en 2000).



**FIGURE 2.2** Répartition des accidents impliquant une matière dangereuse au Québec selon le mode de transport, 1988-2002.

Au Québec, une enquête sur les déplacements interurbains des véhicules lourds (Ministère des Transports du Québec 2003) a aussi permis de mieux cerner les activités de camionnage dans la province. Toutefois, les informations portant sur le transport des matières dangereuses y sont limitées à une catégorie générale de marchandises regroupant les produits chimiques et pétrochimiques. Des initiatives régionales contribuent aussi à préciser le portrait de ce domaine d'activités. Par exemple, une analyse de risques

associés au transport des matières dangereuses sur le territoire de la ville de Trois-Rivières a déjà été réalisée (Dionne et Sebez 2002). Depuis 2001, une étude approfondie des enjeux associés au transport des matières dangereuses est aussi en cours en Montérégie. Le point de départ de ce projet, une enquête origine-destination (Leroux et Beaudoin 2002), a d'ailleurs permis d'identifier les divers produits transportés sur les routes de cette région ainsi que les itinéraires empruntés.

### 2.3.3 Les systèmes d'information géographique et l'analyse de risques

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont maintenant reconnus comme de puissants outils d'aide à la décision permettant d'illustrer et d'établir des liens entre les différentes variables pouvant influencer le déroulement d'un événement catastrophique (Greene 2002). L'analyse des risques associés au transport des matières dangereuses profite donc de cette technologie pour gagner en efficacité et en précision. Toutefois, il n'existe pas de consensus dans la littérature en ce qui concerne la méthodologie à suivre pour modéliser ces risques (Verter et Kara 2001). Chacun propose une source de données ou une approche analytique qu'il considère meilleure. Malgré ces variantes dans la procédure utilisée, les recherches ont tout de même des buts communs.

Un premier objectif dont l'atteinte est facilitée par l'utilisation d'un SIG est l'identification des itinéraires les plus sécuritaires (Lassarre et al. 1993; Lovett et al. 1997; Verter et Kara 2001). Ce type d'analyse peut viser à supporter l'adoption d'une législation afin de limiter les risques en obligeant les transporteurs à emprunter une route désignée (Lovett et al. 1997; Verter et Kara 2001). Dans un autre ordre d'idée, l'évaluation des itinéraires peut aussi montrer le transfert de risques plutôt qu'une diminution de ceux-ci lorsque des routes alternatives sont utilisées ou que la décision est prise de déménager une industrie qui expédie ou reçoit des matières dangereuses (Glatron 2001).

Le SIG permet aussi d'élaborer des scénarios dans une optique de planification et de préparation afin d'être en mesure de répondre efficacement en cas d'accident

impliquant des matières dangereuses (Abkowitz et al. 1990; Lepofsky et al. 1993). Pour ce faire, il est d'ailleurs possible d'y intégrer un modèle de dispersion atmosphérique afin d'identifier la zone affectée par un produit toxique déversé (Chakraborty et Armstrong 1996; Zhang et al. 2000). Des données démographiques pouvant également être intégrées au SIG, il est ensuite possible d'évaluer le nombre de personnes se trouvant dans la zone d'impact. Ce critère est d'ailleurs le point central de la plupart des analyses de risques (Chakraborty et Armstrong 1996; Lassarre et al. 1993; Lepofsky et al. 1993; Lovett et al. 1997; Verter et Kara 2001; Zhang et al. 2000).

#### 2.3.4 La modélisation de la dispersion atmosphérique

Être en mesure de prédire où se dispersera un produit toxique en cas de déversement à proximité d'un secteur habité est essentiel à une planification efficace des mesures d'urgence (Alhajraf et al. 2005). En matière de modélisation de la dispersion atmosphérique, les modèles développés par l'Environmental Protection Agency (EPA) et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis sont parmi les plus couramment utilisés. C'est le cas entre autres de ALOHA, le Areal Locations of Hazardous Atmospheres, qui a déjà été utilisé spécifiquement pour une analyse de risques associés au transport des matières dangereuses (Chakraborty et Armstrong 1996). Il s'agit d'un modèle simple qui donne des résultats d'une bonne précision malgré ses quelques limites. La plus importante de celles-ci est le fait que ALOHA permet seulement la modélisation de la dispersion de produits purs. Par contre, cette difficulté peut être contournée grâce à une procédure d'analyse faisant appel à RMP Comp, un autre logiciel de l'EPA, et permettant de traiter des produits en solution tel l'acide chlorhydrique (Evans et al. 1993). Enfin, l'efficacité du modèle dépend en grande partie de la qualité des données de base utilisées, notamment en ce qui concerne les conditions météorologiques. Paradoxalement, les conditions atmosphériques représentent le facteur ayant la plus forte variabilité tout en étant celui qui influence le plus l'étendue d'un panache de dispersion. Toutefois, dans un contexte de planification, il est possible d'utiliser les moyennes historiques afin d'obtenir un scénario probable de dispersion pour un moment et un endroit spécifique (Abkowitz et al. 1990).



### 2.3.5 La cartographie dasymétrique

La représentation de la distribution spatiale des données démographiques est un élément crucial dans l'évaluation des risques associés au transport des matières dangereuses (Verter et Kara 2001). Plusieurs études utilisent les informations issues d'un recensement. Celles-ci étant diffusées par secteur, il faut alors assumer que les densités de population y sont uniformes (Zhang et al. 2000) ou utiliser une stratégie d'interpolation en fonction de la distance avec le point auquel les données sont associées (Lovett et al. 1997). La cartographie de l'occupation du sol issue du service d'urbanisme local a aussi pu être utilisée (Glatron 2001; Lassarre et al. 1993) en assumant l'hypothèse d'un certain ratio entre les densités de population selon les types d'utilisation du territoire. Malgré tout, ces méthodes demeurent assez approximatives et imprécises.

La cartographie dasymétrique est donc proposée afin de préciser la répartition spatiale de la population (Chen et al. 2004; Yuan et al. 1997). Cette technique permet d'associer une caractéristique dont l'influence sur la répartition de la population est reconnue aux entités spatiales arbitraires utilisées pour la diffusion des données démographiques. Des analyses statistiques, rendues possibles grâce à l'utilisation d'un SIG, permettent ainsi de désagréger ces informations selon la présence de routes (Chen et al. 2004) ou en fonction de l'occupation du sol déterminé à partir d'images satellitaires (Yuan et al. 1997). Ces caractéristiques agissent alors comme les déterminants de la présence ou non de population. Par exemple, les routes deviennent des lignes de concentration le long desquelles une répartition uniforme des habitants est assumée tandis que les catégories d'occupation du sol permettent d'associer le territoire avec un niveau plus ou moins intense de densité de population.

### 2.3.6 Mesures de protection de la population : évacuation et confinement sur place

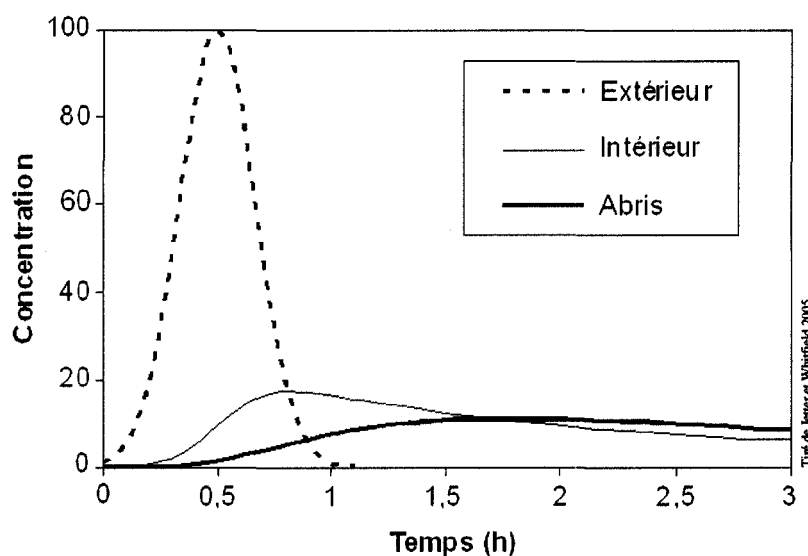
Le choix de l'action la plus appropriée entre l'évacuation ou la protection sur place est une décision complexe pouvant avoir des conséquences graves, ce qui place les

décideurs devant une des questions les plus importantes du processus de gestion de crise (Sorensen et al. 2004).

Parfois, une évacuation rapide de la zone touchée par une catastrophe technologique peut s'avérer être la seule solution permettant d'éviter les pertes humaines (Dubois-Maury et Chaline 2004). Mais dans le cas où l'évacuation d'une population sinistrée est souhaitable, il est aussi essentiel de déterminer si une telle mesure est possible et quels sont les scénarios envisageables afin que l'opération soit efficace et sécuritaire (Beaulieu et Marchand 2001). L'enclenchement d'une évacuation est une décision importante qui doit considérer le temps disponible afin d'assurer la sécurité de la population ainsi que les ressources nécessaires, particulièrement en ce qui concerne les moyens de transport mis à la disposition des sinistrés (Sorensen et al. 2004). Il faut donc être en mesure d'identifier les secteurs plus ou moins accessibles où l'évacuation en cas d'urgence peut s'avérer difficile. Church et Cova (2000) ont d'ailleurs proposé une méthodologie permettant de cartographier le niveau de difficulté d'évacuation en se basant sur le nombre de personnes à évacuer en comparaison avec la capacité théorique du réseau routier en terme de voies de sortie disponibles (Church et Cova 2000). De plus, cette approche permet d'améliorer la planification des mesures d'évacuation, ces dernières étant essentielles au bon déroulement d'une telle opération. Des exemples de processus détaillés de planification et de prise de décision applicables aux situations susceptibles de nécessiter une évacuation sont aussi proposés par les autorités responsables de la sécurité civile (Beaulieu et Marchand 2001; Ministère de la Sécurité Publique 1997).

Dans le cas de la dispersion atmosphérique d'un produit toxique, l'alternative qu'offre le confinement sur place doit être envisagée. Bien qu'un bâtiment ne protège en rien contre un produit gazeux, il peut agir comme un filtre contre certains produits moins volatils ou sous forme d'aérosol, augmentant alors le niveau de protection des gens à l'intérieur (Jetter et Whitfield 2005). Par contre, un confinement efficace demeure difficile à mettre en place : les gens sont sceptiques face à cette option, ils connaissent mal les consignes de sécurité à suivre et les bâtiments peuvent s'avérer moins résistants

que prévu aux infiltrations (Sorensen et al. 2004). De plus, ce type de protection demande un grand synchronisme avec l'arrivée d'un nuage toxique. S'il est réalisé à temps, le confinement permet d'éviter le sommet des concentrations à l'extérieur de l'abri. Toutefois, l'air qui s'infiltré dans celui-ci sans en ressortir facilement mène par la suite à une augmentation du niveau d'exposition au produit toxique, alors que l'air extérieur est redevenu sain. Des simulations réalisées par Jetter et Whitfield (2005), dont les résultats sont présentés à la figure 2.3, ont permis de démontrer ce phénomène. Ainsi, une personne qui entrerait et sortirait trop tard d'un abri de confinement pourrait courir un plus grand risque de contamination qu'un individu resté sur place sans mesure de protection. (Jetter et Whitfield 2005)



**FIGURE 2.3** Simulation des concentrations pour une exposition d'une heure.

## **CHAPITRE III**

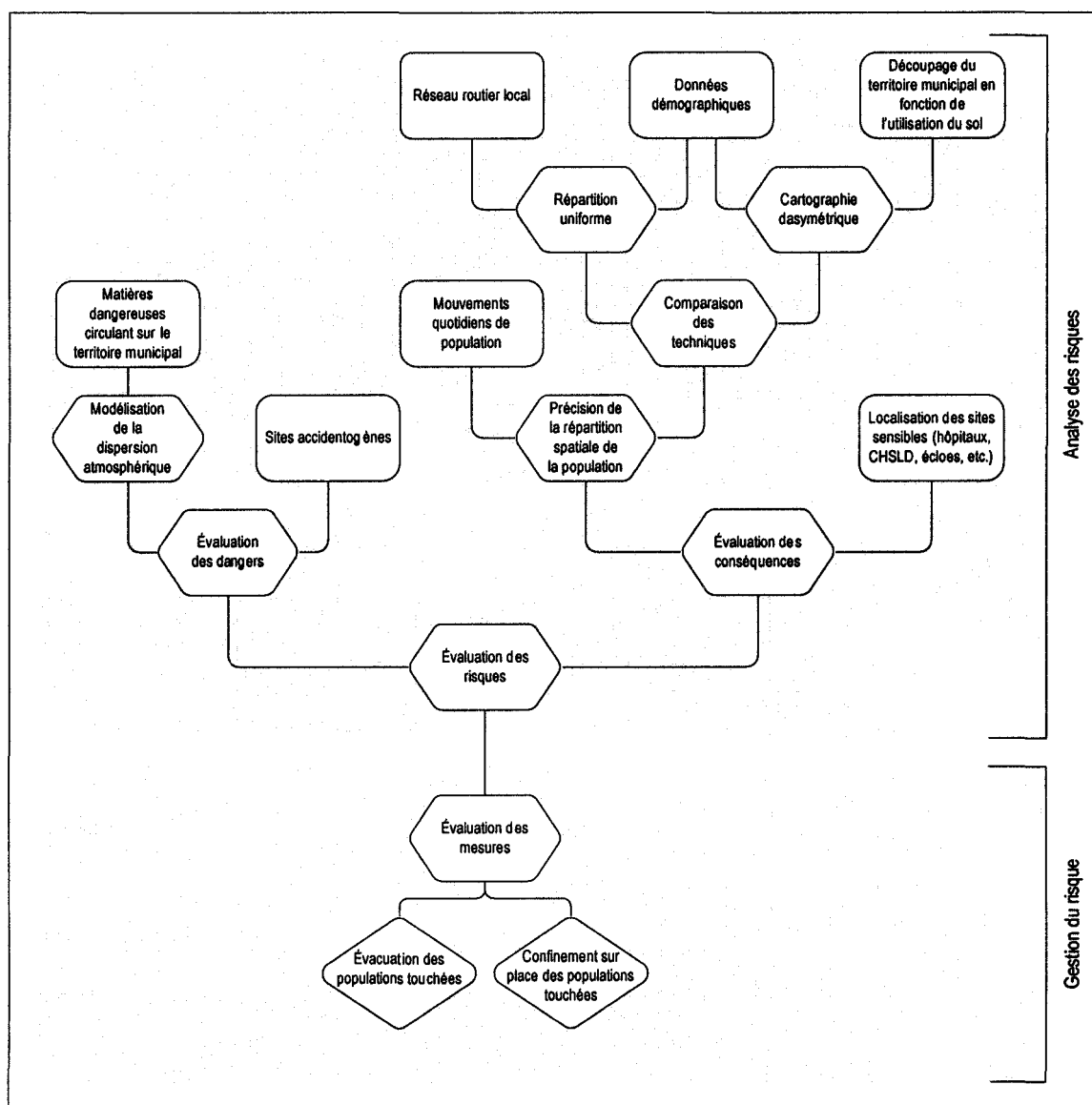
### **DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE**

De façon générale, les différentes étapes à suivre lors d'une analyse des risques peuvent être regroupées en deux catégories de tâches. Dans un premier temps, les éléments constitutifs d'une catastrophe sont identifiés et mis en relation afin d'obtenir un portrait détaillé d'une telle situation. L'évaluation des risques qui en résulte sert, dans un deuxième temps, de point de départ à une démarche de planification en vue de gérer ces risques de façon sécuritaire. Dans une approche globale, la gestion des risques englobe la mise en place de mesure de mitigation, de prévention ainsi que l'élaboration du plan de mesures d'urgence.

La démarche adoptée pour la réalisation de ce projet est décrite à l'aide du schéma de la figure 3.1. Ici, l'accent est mis sur les étapes visant à décrire les situations potentiellement catastrophiques. En ce qui concerne l'aspect de la gestion des risques, deux types de réponses possibles sont évalués sommairement soit l'évacuation et le confinement des populations affectées. Ce chapitre présente les données utilisées pour l'ensemble des analyses ainsi que les principales étapes de la démarche méthodologique permettant d'atteindre les objectifs de l'étude.

#### **3.1 IDENTIFICATION DU SITE D'ÉTUDE**

La démarche développée dans le cadre de ce projet sera appliquée à la municipalité de Châteauguay afin d'illustrer le processus d'analyse et de proposer un exemple du résultat possible. Cette municipalité située au sud de Montréal (carte 3.1) couvre une superficie de 35,37 kilomètres carrés et abritait, en 2004, une population de 42 389 personnes. Représentative des municipalités du Québec méridional, Châteauguay

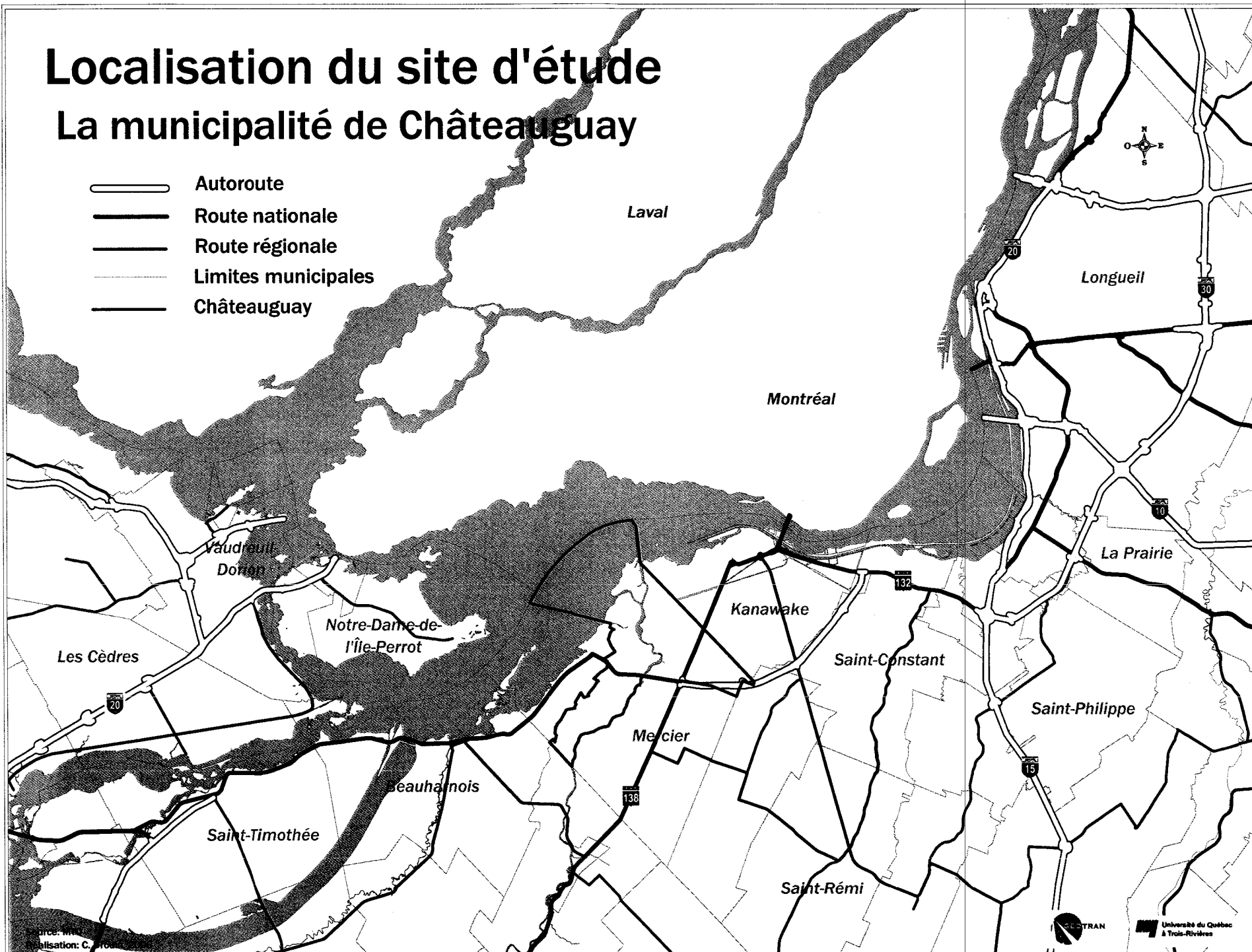


**FIGURE 3.1** Démarche méthodologique du projet

n'est certes pas qu'une banlieue dortoir : l'utilisation du sol y est hétérogène et tous les types d'activités sont représentés. Son territoire est traversé par la route 132, un axe important du transport routier où la circulation locale ou celle contournant la métropole est dense. De plus, le niveau de sensibilisation face aux problématiques relatives au transport est particulièrement élevé dans la région depuis le début des études concernant le prolongement de l'autoroute 30. Une analyse poussée des risques associés au transport des matières dangereuses pour le territoire de la municipalité et sa population représente

# Localisation du site d'étude

## La municipalité de Châteauguay



CARTE 3.1 Localisation du site d'étude

donc un atout majeur afin d'assurer la sécurité dans un contexte de développement du réseau routier et d'intensification appréhendée du flux de circulation dans le secteur.

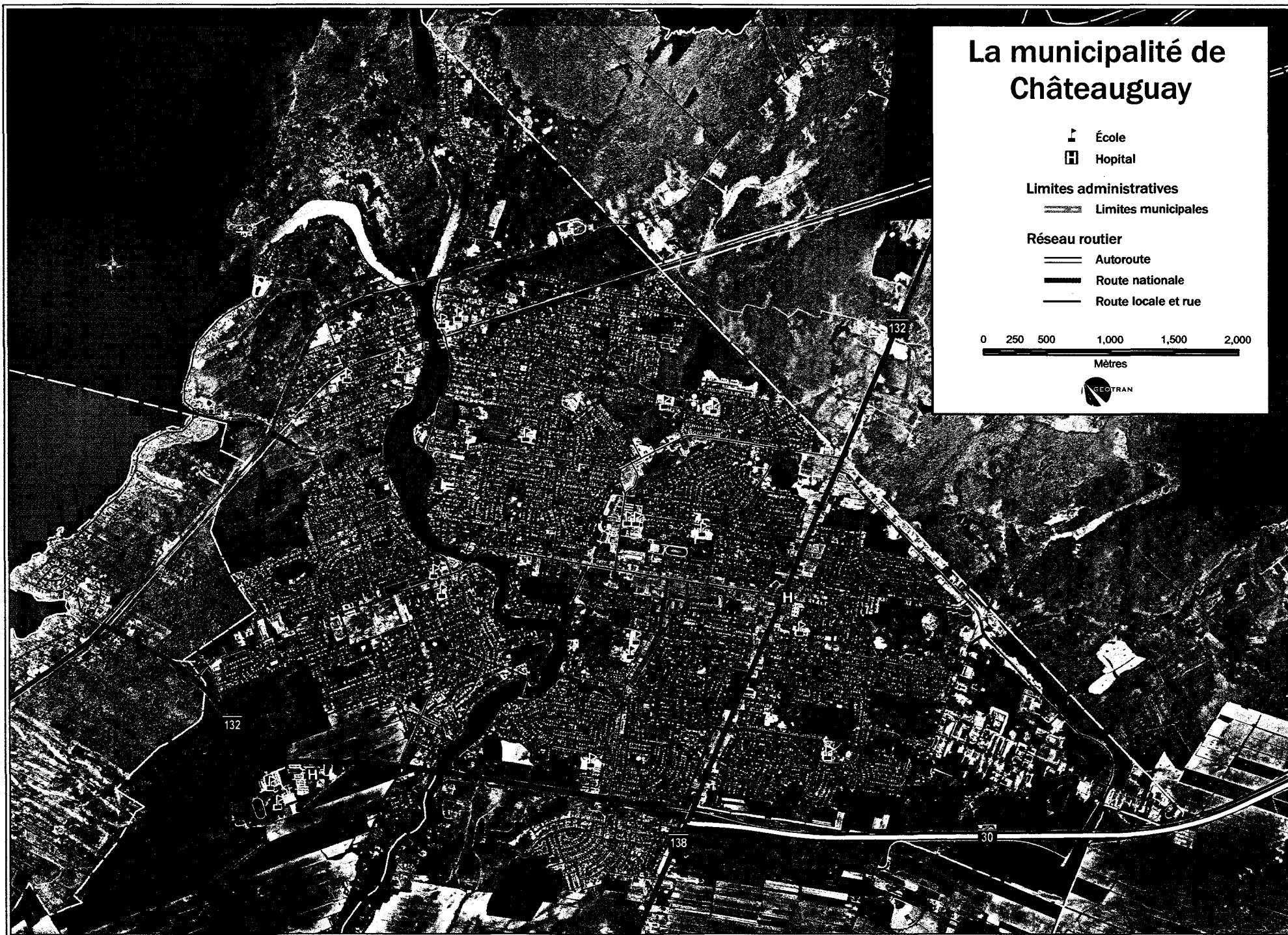
### 3.2 SOURCE ET NATURE DES DONNÉES UTILISÉES

#### 3.2.1 Données de cartographie

La réalisation des analyses nécessite l'utilisation de données provenant de sources diverses. Par contre, la plupart de ces données sont facilement accessibles pour une administration municipale. Tout d'abord, les données démographiques sont extraites des résultats du recensement de 2001 de Statistique Canada. Pour un maximum de précision, le nombre d'habitants utilisé correspond à l'aire de diffusion, la plus petite entité spatiale conçue par l'organisme à des fins de diffusion. Quant aux données spécifiques à Châteauguay, notamment le rôle d'évaluation foncière, elles ont été fournies par le service d'urbanisme de la municipalité.

Afin de valider certaines informations en cours d'analyse, une mosaïque de photos aériennes, réalisée à partir de photos prises en 1997, a été placée en arrière-plan de la carte de la municipalité (carte 3.2). Bien que ces images soient les plus récentes disponibles auprès de la Photocartotheque québécoise, il est évident que les constructions des dernières années n'y apparaissent pas. Par contre, la cartographie du réseau routier local, réalisée par la firme GEOCOM, a été corrigée par le Ministère des Transports du Québec (MTQ) en 2003 et présente donc un portrait à jour des infrastructures de transport. Ces dernières font d'ailleurs l'objet de la carte 3.2.

Enfin, la grande diversité des sources de données devant être mises en relation lors des analyses requiert l'utilisation d'outils informatiques spécialisés. Ainsi, les analyses spatiales et la cartographie seront réalisées à l'intérieur du système d'information géographique ArcGIS, version 9.1. Quant à elles, les analyses statistiques seront effectuées à l'aide du logiciel SPSS, version 8.



CARTE 3.2 Réseau routier local, Municipalité de Châteauguay



### 3.2.2 Données de modélisation

Les substances retenues pour l'élaboration des scénarios de dispersion atmosphérique (tableau 3.1) ont été identifiées à partir des résultats d'une enquête origine-destination sur le transport des matières dangereuses en Montérégie (Leroux et Beaudoin 2002). Parmi tous les produits circulant sur les tronçons du réseau routier supérieur (routes nationales) traversant le territoire de Châteauguay, les choix ont été effectués en fonction du nombre élevé de chargements répertoriés ou du potentiel de dangerosité d'une substance. Par la suite, les conditions générales de transport (tableau 3.1) des matières dangereuses sélectionnées ont été obtenues auprès de Canutec, le Centre canadien d'urgence transport. Ce service relevant de Transport Canada a pour mission d'accroître la sécurité publique en matière de transport des marchandises dangereuses, notamment en venant en aide aux intervenants lors d'urgences mettant en cause de telles substances.

**TABLEAU 3.1**  
Conditions de transport des matières dangereuses sélectionnées

Matières dangereuses			Conditions de transport		
Nom	Numéro d'identification (concentration)	Classe	Modèle de citerne	Quantité maximale (en litres)	Phase
Ammoniac anhydre	UN 1005	2 Gaz comprimés	TC331	43 500	Gaz et liquide comprimé
Ammoniaque (hydroxyde d'ammonium)	UN 2672 (10 à 35%)	8 Mat. corrosives	fût	250	Liquide (en solution)
Méthanol	UN 1230	3 Liquides inflammables	TC406	34 000	Liquide
Peroxyde d'hydrogène	UN 2014 (20 à 60 %)	5 Matières comburantes	TC407	22 700	Liquide (en solution)
Propane	UN 1978 UN 1075	2 Gaz comprimés	TC331	43 500	Gaz et liquide comprimé

Source : Canutec

La modélisation de la dispersion atmosphérique nécessite aussi l'utilisation d'informations sur les conditions météorologiques. Dans le cadre de ce projet, les normales climatiques établies pour la période 1971-2000 à partir des données recueillies à la station de l'aéroport international Pierre-Elilot-Trudeau (Dorval) ont été utilisées (voir l'annexe A). Ces informations sont disponibles auprès du Service météorologique d'Environnement Canada. Considérant que les substances toxiques se volatilisent généralement davantage si la température ambiante est élevée, les scénarios ont d'abord été élaborés selon les conditions qui prévalent pour le mois le plus chaud soit juillet. Afin de confirmer l'effet des conditions climatiques sur l'étendue des panaches de dispersion, leur modélisation a également été réalisée pour le mois de janvier.

**TABLEAU 3.2**  
Conditions météorologiques utilisées pour la modélisation des déversements  
de matières dangereuses à Châteauguay

		Janvier	Juillet
Température moyenne quotidienne en °C		-10,4	20,9
Humidité relative moyenne – 1500LST en %		68,1	56,3
Vents	Vitesse horaire moyenne en mètres par seconde	4,6	3,4
	Direction dominante	Ouest	Sud-Ouest
Nébulosité en heures avec...	0-2 dixième	188	209,8
	3-7 dixième	98,2	208,5
	8-10 dixième	457,9	325,7

Source : Environnement Canada

### 3.3 ÉVALUATION DE L'ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE DES ZONES TOUCHÉES

#### 3.3.1 Modélisation de la dispersion atmosphérique

La représentation spatiale et la localisation de la zone d'impact d'un déversement de produit toxique mènent à l'évaluation du danger présent sur un territoire donné. Pour ce faire, la dispersion atmosphérique d'une matière dangereuse peut être modélisée à l'aide d'outils informatiques. Dans le cadre de ce projet, deux applications développées par l'Environmental Protection Agency (EPA) en collaboration avec la National Atmospheric and Oceanic Administration (NOAA) des États-Unis seront utilisées : ALOHA et RMP\*Comp. Ces logiciels peuvent être téléchargés sans frais à partir du site Internet de l'EPA.

Tout d'abord, le Areal Location of Hazardous Atmosphere (ALOHA) permet d'obtenir le panache de la dispersion estimée des produits chimiques purs. Largement utilisé dans le domaine de la sécurité publique et des mesures d'urgence, ALOHA utilise deux modèles mathématiques différents pour prévoir la dispersion des gaz : un modèle gaussien dans le cas des gaz dont la densité est semblable à celle de l'air et un modèle spécifique pour ceux plus lourd que l'air. Toutefois, les prévisions ainsi faites ne tiennent pas compte de la topographie et ne sont établies que pour un délai d'une heure après le déversement. De plus, la longueur du panache modélisé ne peut dépasser 10 kilomètres; au-delà de cette distance, le panache est tronqué.

Pour ce qui est des substances en solution, il est aussi possible de modéliser la dispersion du nuage toxique en utilisant d'abord l'outil de planification RMP\*Comp. Celui-ci permet d'obtenir le rythme d'évaporation d'un mélange, donnée pouvant ensuite être introduite dans ALOHA afin de produire un panache de dispersion (Evans et al. 1993).

Le niveau de toxicité choisi pour l'élaboration des scénarios de dispersion atmosphérique correspond à la norme ERPG-2. Les limites d'exposition en cas

d'urgence ERPG (Emergency Response Planning Guidelines) ont été établies par l'American Industrial Hygien Association en 2001. Le niveau 2 indique la concentration maximale à laquelle la plupart des individus peuvent être exposés pendant une heure sans développer de problèmes de santé sérieux, irréversibles ou pouvant altérer la capacité de se mettre à l'abri. Ce niveau de toxicité donne donc un délai d'une heure pour mettre en place les mesures de réponses adéquates. Dans le cas où la norme ERPG-2 n'est pas définie pour un produit, le niveau IDLH (Immediate Danger to Life or Health) a été utilisé. Ce niveau de toxicité défini par l'agence américaine de prévention des maladies et accidents de travail, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), désigne la concentration de contaminant dans l'air à laquelle une exposition peut causer la mort ou des troubles irréversibles de la santé (NIOSH 2006).

Dans tous les cas, les panaches de dispersion obtenus seront ensuite intégrés à un système d'information géographique. Le panache généré par ALOHA n'ayant aucune référence géographique, le transfert est rendu possible grâce à PLOTALOA, un utilitaire développé par la firme UAI Environmental Inc. et disponible gratuitement sur leur site internet.

### 3.3.2 Identification des sites accidentogènes

Souvent, les zones d'impact sont placées uniformément le long du réseau routier selon un pas constant. Toutefois, tenir compte de la fréquence des accidents survenus par le passé pour chaque tronçon permet d'identifier les portions de route les plus à risque. Ainsi, afin de localiser les zones d'impact de façon réaliste pour le secteur à l'étude, l'origine de chaque panache de dispersion correspond à un site accidentogène identifié par la Direction territoriale de l'Ouest-de-la-Montérégie du Ministère des Transports du Québec. Ceux-ci ont été définis suite à l'analyse de tous les accidents survenus sur le territoire de l'Ouest-de-la-Montérégie entre 1998 et 2002. Une fois les accidents localisés sur le réseau du Ministère des Transports, celui-ci a été divisé en segments de routes d'une longueur de 500 mètres et homogènes en terme de géométrie, de vitesse et

d'achalandage. Par la suite, différents indicateurs de sécurité, tels le taux d'accidents et l'indice de gravité, ont été calculés pour chaque segment. Les résultats ont permis l'identification des sites potentiellement dangereux, c'est-à-dire ceux dont le taux moyen d'accidents est supérieur au taux critique (Ministère des Transports 2004). Les sites accidentogènes identifiés sur le territoire de Châteauguay sont présentés à la carte 3.3. L'ensemble des sites a également été classé en fonction de la gravité des accidents mais cette classification ne sera pas utilisée dans la présente étude.

### 3.4 RÉPARTITION SPATIALE DE LA POPULATION

#### 3.4.1 Répartition selon le réseau routier

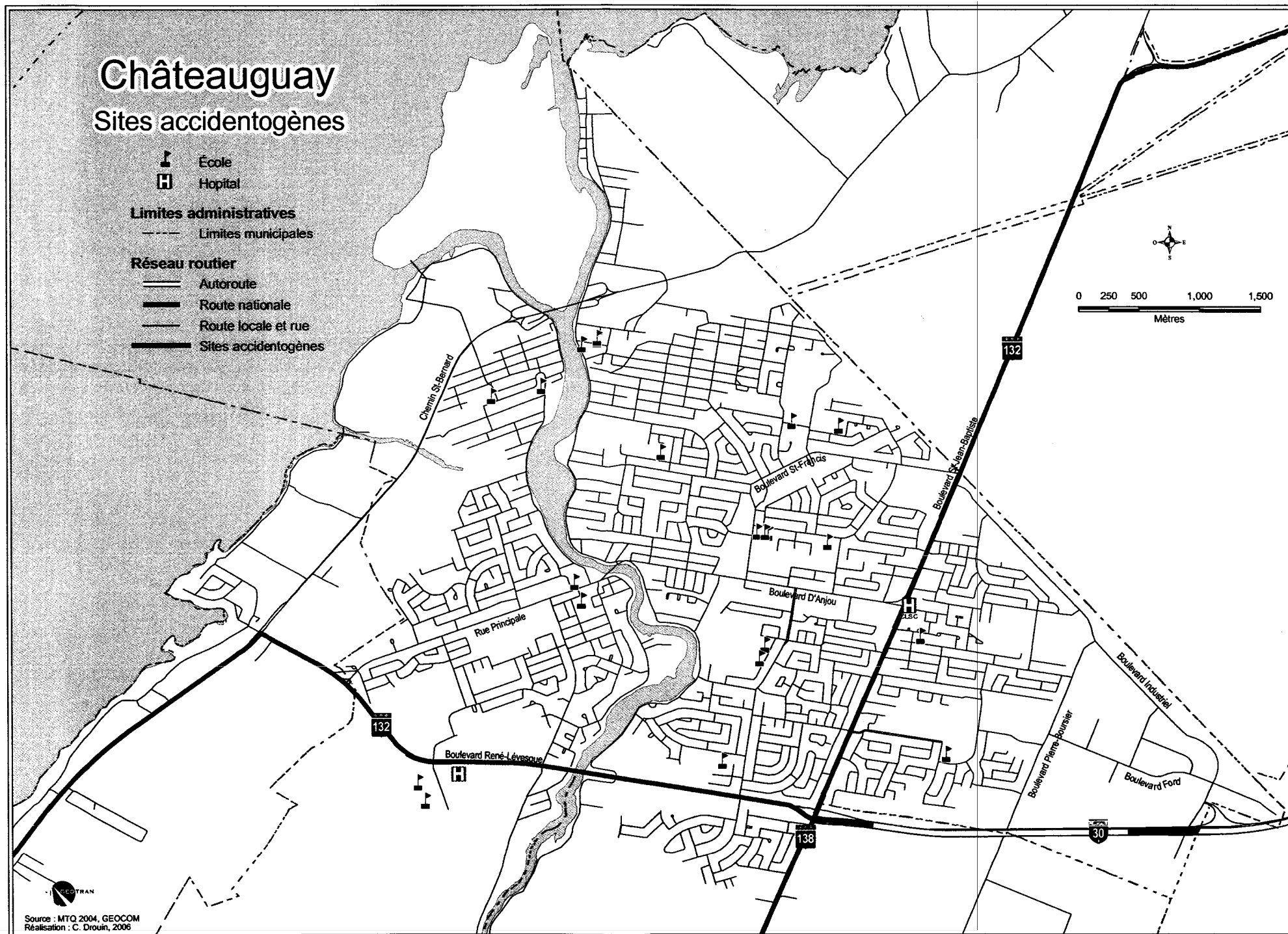
La distribution spatiale de la population peut être établie en fonction de la présence de routes (Chen et al. 2004). Cette méthode consiste à répartir uniformément la population de chaque aire de diffusion le long des composantes du réseau routier selon l'équation suivante :

$$[3.1] \quad \frac{P_i}{R_i} = d_i$$

où  $P_i$  correspond à la population totale pour une  $i^{\text{ème}}$  aire de diffusion et  $R_i$  est la longueur totale, en mètres, des rues parcourant le territoire de ce même secteur alors que  $d_i$  indique le nombre de personnes que l'on s'attend à trouver le long de chaque mètre de rue. La densité de population ainsi calculée est spécifique pour chaque aire de diffusion mais est la même pour toutes les routes à l'intérieur de celle-ci.

#### 3.4.2 Répartition selon l'occupation du sol : la cartographie dasymétrique

Afin d'obtenir un portrait plus précis de la répartition de la population au niveau municipal, une cartographie dasymétrique peut être réalisée en conjuguant le découpage spatial associé aux statistiques démographiques à celui relatif à l'utilisation du sol (Chen



**CARTE 3.3** Sites accidentogènes identifiés par le MTQ pour le secteur de Châteauguay

et al. 2004; Yuan et al. 1997). Pour Châteauguay, ce dernier sera basé sur les codes de biens-fonds associés aux matricules fonciers des lots couvrant le territoire de la municipalité. Par la suite, connaissant la superficie et le nombre d'habitants associés à l'aire de diffusion ainsi que la superficie couverte par chacune des occupations du sol à l'intérieur de celle-ci, les valeurs de densité de population seront estimées en fonction des catégories d'occupation du sol pour l'ensemble du territoire municipal selon l'équation :

$$[3.2] \quad y_i = \sum_{j=1}^n (b_j \cdot x_{ij})$$

où  $y_i$  représente la population totale de la  $i^{\text{ème}}$  aire de diffusion,  $b_j$  est la densité de population associée à l'occupation du sol  $j$  alors que  $x_{ij}$  est la superficie de l'occupation du sol  $j$  à l'intérieur de l'aire de diffusion  $i$  (Yuan et al. 1997). Quelques ajustements seront aussi nécessaires afin que les résultats respectent la réalité. Tout d'abord, les valeurs de densités de population négatives seront éliminées en appliquant la correction suivante à l'ensemble des coefficients  $b_j$  :

$$[3.3] \quad b'_j = b_j + |b_k|$$

où  $b_k$  est la plus faible valeur estimée pour  $b_j$  (Yuan et al. 1997). Enfin, le traitement suivant sera appliqué aux valeurs  $b'_j$  afin que la population totale calculée pour chaque aire de diffusion soit compatible avec celle établie par Statistique Canada :

$$[3.4] \quad b_{ij} = \frac{y_i}{p_i} \cdot b'_j$$

où  $b_{ij}$  correspond à la densité de population raffinée pour le secteur de l'aire de diffusion  $i$  couvert par l'occupation du sol  $j$ ,  $y_i$  est la population de cette  $i^{\text{ème}}$  aire de diffusion selon le recensement de Statistique Canada alors que  $p_i$  est sa population prédite à l'aide des estimations statistiques (Yuan et al. 1997).

Enfin, la comparaison à l'aide d'un test T de Student des résultats obtenus selon chacune de ces deux méthodes permettra de valider la pertinence d'utiliser l'occupation du sol comme critère de la distribution spatiale des habitants sur un territoire. La cartographie de la répartition des densités de population pour la municipalité à l'étude sera effectuée selon les résultats de la méthode jugée la plus précise. De cette façon, les

populations vulnérables en cas de déversement de matières dangereuses sur le réseau routier seront évaluées de la façon la plus réaliste.

### 3.4.3 Les mouvements quotidiens de la population

Le portrait de la répartition spatiale de la population établi à partir des données démographiques est particulièrement représentatif de la situation durant la nuit car il est basé sur le lieu de résidence des gens (Chakraborty et Armstrong 1996). Ainsi, il serait intéressant de tenir compte des mouvements quotidiens de la population dans le but d'en obtenir la répartition spatiale pendant la journée.

Lors d'un recensement, Statistique Canada recueille des informations sur le statut d'emploi de la population. Ainsi, à partir des données sur la population active et sur la proportion de jeunes d'âge scolaire (5-15 ans) et préscolaire (0-4 ans), une répartition spatiale de la population durant la journée pourrait être réalisée. Dans ce but, les différentes catégories de population sont localisées selon une utilisation du sol correspondant à leur occupation. Dans leurs travaux publiés en 1993, Lassarre et al. établissent de telles associations, par exemple, entre la population inactive de 15 ans et plus et les secteurs résidentiels ou encore entre la population active et, selon le domaine d'emploi, les zones commerciales ou industrielles.

Cette méthode de distribution de la population dans l'espace suppose toutefois que les individus inactifs restent à la maison et que le nombre de résidents travaillant à l'extérieur de la municipalité est égal au nombre de travailleurs qui n'y résident pas. Ces prémisses sont loin de la réalité. Par conséquent, il est jugé que les données disponibles sont insuffisantes et qu'il est impossible d'établir, pour le jour, une répartition spatiale de la population suffisamment précise pour être valable lors des analyses subséquentes. Cette étape du projet a donc été abandonnée.



### 3.5 ÉVALUATION DU RISQUE

#### 3.5.1 Calcul des populations affectées

L'évaluation du risque découle de la mise en relation de l'évaluation des dangers avec celle des conséquences envisageables. Ce type d'analyse est rendu possible par l'utilisation d'un système d'information géographique qui permet d'obtenir une représentation visuelle de plusieurs variables à la fois. Parce que la dispersion atmosphérique d'une substance toxique touche en premier lieu les êtres humains, le risque est ici évalué en fonction du nombre de personnes se trouvant dans la zone d'impact.

La formule suivante permet de faire cette estimation à partir des résultats de la cartographie dasymétrique :

$$[3.5] \quad P = \sum_{x=0}^n p_x + \sum_{y=0}^n p_y$$

$$[3.6] \quad \text{considérant que } p_y = \sum_{j=0}^n b_{ij} \cdot A_{ij}$$

et où P représente la population affectée;  $p_x$ , la population des aires de diffusion totalement couvertes par la zone d'impact et  $p_y$  celle des aires de diffusion qui y sont partiellement incluses alors que  $b_{ij}$  correspond à la densité de population calculée pour l'occupation du sol j à l'intérieur de l'aire de diffusion i et  $A_{ij}$  est la superficie d'occupation du sol j pour l'aire de diffusion i couverte par la zone d'impact.

L'estimation des populations touchées peut aussi se baser sur la répartition uniforme des habitants le long des routes. Dans ce cas :

$$[3.7] \quad P_r = \sum_{x=0}^n (l_x \cdot p_{lx})$$

où  $P_r$  est la population touchée par le nuage de dispersion;  $l_x$ , la longueur de route (en kilomètres) appartenant à l'aire de diffusion x et incluse dans la zone d'impact tandis que

$p_{lx}$  correspond au ratio d'habitants par kilomètre de route pour cette même aire de diffusion.

### 3.5.2 Identification de sites vulnérables

Un site peut être considéré particulièrement vulnérable face à la dispersion atmosphérique d'un produit toxique si l'implantation des mesures de protection de la population risque de s'y avérer difficile. Un secteur peut être désigné comme tel soit à cause d'un grand nombre de personnes touchées ou encore parce que des ressources logistiques plus importantes sont nécessaires afin de mettre en œuvre une réponse efficace en cas d'urgence. Cette catégorie de cas regroupe les hôpitaux, les centres de soins de longue durée (CHSLD) et les écoles. De plus, les scénarios où un long tronçon de route nationale serait inclus dans la zone d'impact, ce qui aurait un effet important sur la circulation automobile ainsi que sur une évacuation éventuelle, seront également identifiés.

## **CHAPITRE IV**










### **LES RÉSULTATS**

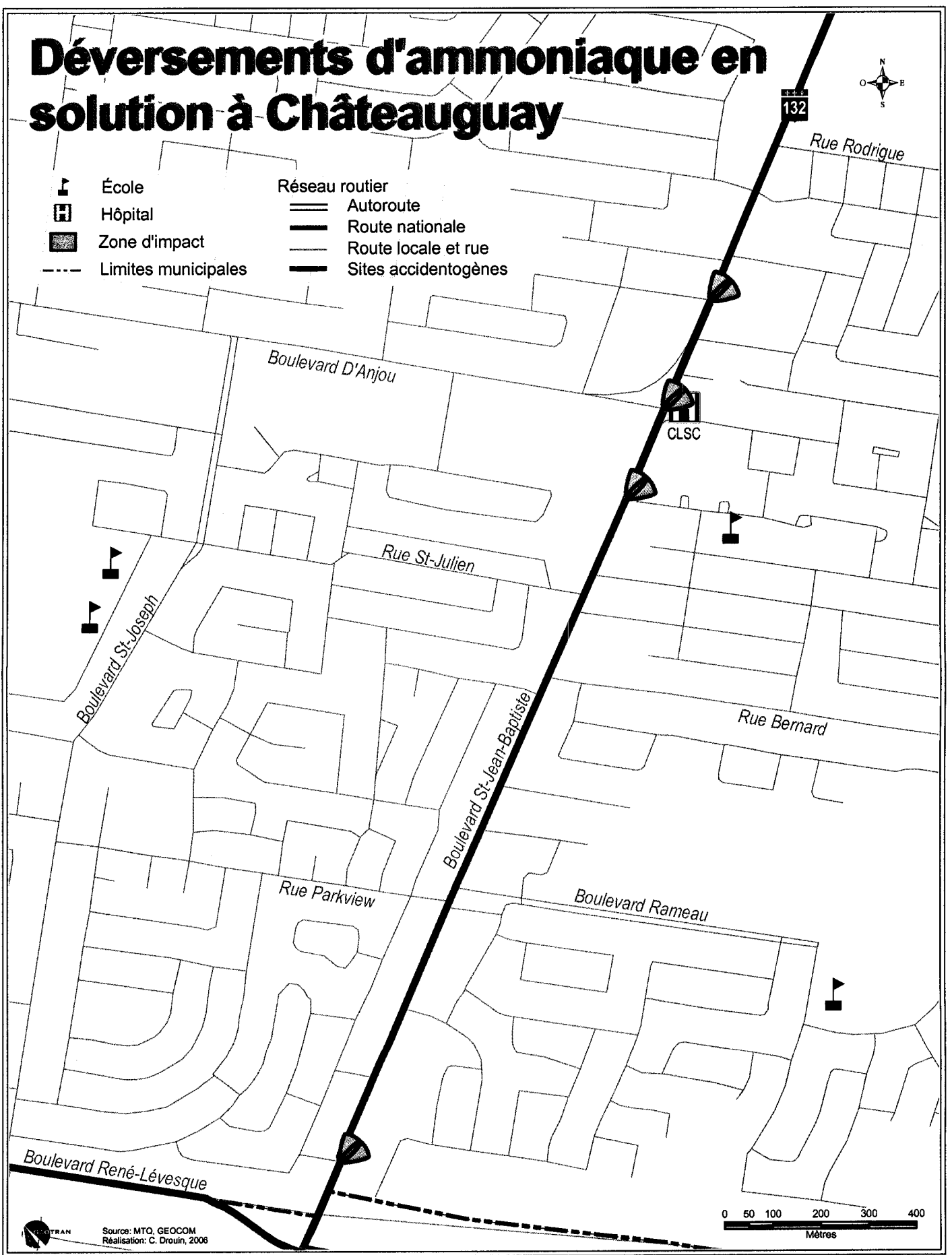
Les étapes de la démarche méthodologique présentée au chapitre III représentent en fait trois grandes catégories correspondant chacune à un des aspects de l'analyse de risques : l'évaluation de l'aléa, l'évaluation de la vulnérabilité et celle du risque. Ainsi, ce chapitre sur les résultats obtenus est divisé selon les mêmes thèmes. Tout d'abord, l'aléa est décrit par l'identification des zones d'impact. Par la suite, la vulnérabilité du site d'étude est évaluée sous l'angle des populations touchées par la dispersion atmosphérique d'une substance toxique. Enfin, l'identification de secteurs particulièrement vulnérables vient compléter l'analyse des risques inhérents à un accident de la route impliquant un déversement de matières dangereuses sur le territoire de la ville de Châteauguay.

#### **4.1 IDENTIFICATION DES ZONES D'IMPACT**

La modélisation de la dispersion atmosphérique permet d'établir l'étendue de la zone d'impact. Ces premiers résultats, présentés dans leur intégralité à l'annexe B, ont permis de constater que certains produits peuvent provoquer des conséquences plutôt limitées. C'est le cas de l'ammoniaque en solution, du méthanol et du peroxyde d'hydrogène. La volatilité de ces substances étant faible, les distances maximales d'impact déterminées par ALOHA le sont également. En ce qui concerne l'ammoniaque en solution, le panache de dispersion couvre une distance de 60 mètres (carte 4.1). Quant à eux, le méthanol (carte 4.2) et le peroxyde d'hydrogène (carte 4.3) n'entraînent pas de dispersion atmosphérique suffisante pour qu'un panache puisse être modélisé. Ainsi, la distance obtenue, respectivement 28 et 19 mètres, correspond au rayon d'une zone d'impact circulaire. L'étendue limitée des zones touchées dans le cas d'un déversement d'une de ces trois matières dangereuses laisse croire que seules les personnes directement

# Déversements d'ammoniaque en solution à Châteauguay










- |   |  |
|---|--|
|  École               |  Réseau routier       |
|  Hôpital             |  Autoroute            |
|  Zone d'impact       |  Route nationale      |
|  Limites municipales |  Route locale et rue  |
|   |  Sites accidentogènes |

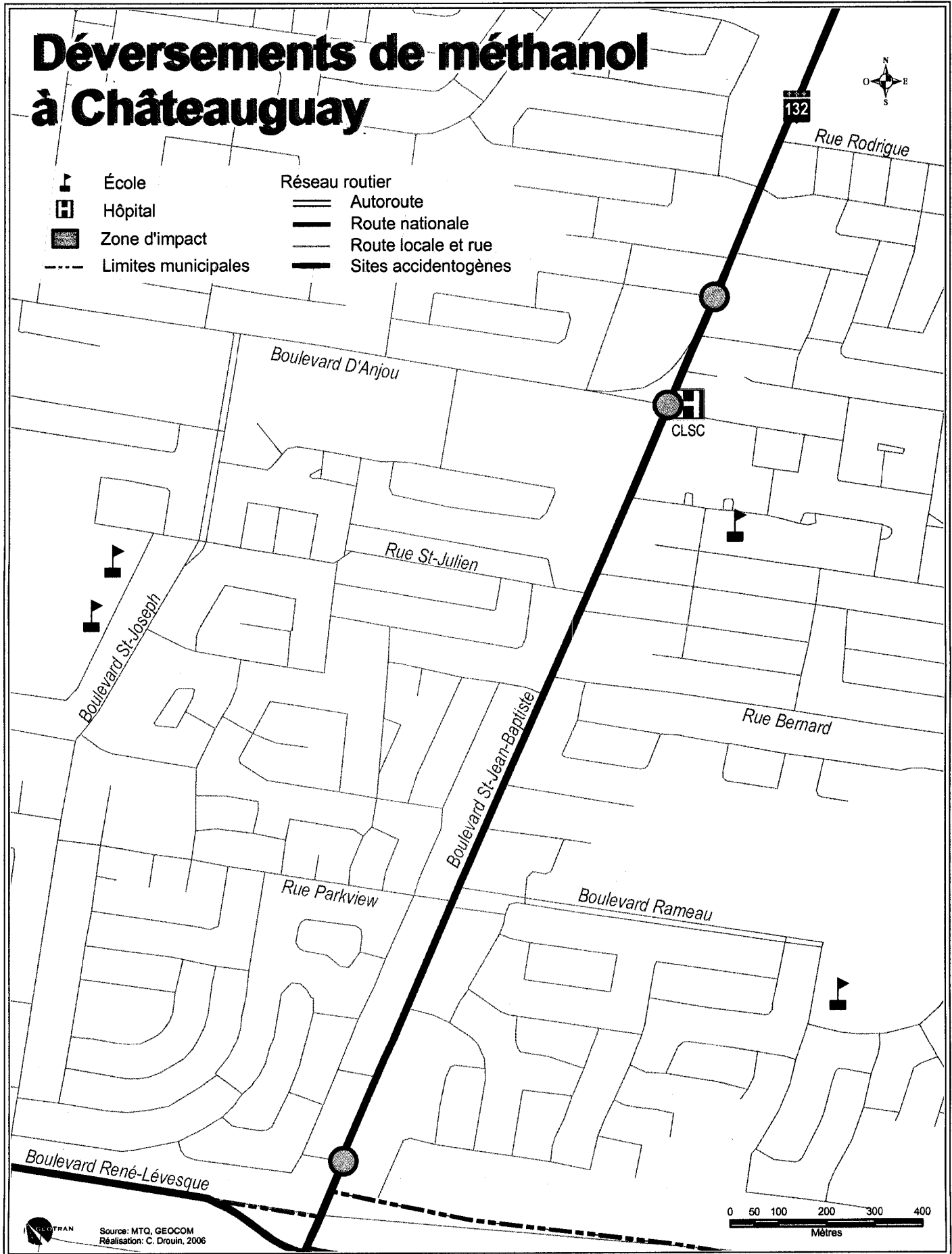


Source: MTO, GEOCOM  
Réalisation: C. Drouin, 2006

CARTE 4.1

# Déversements de méthanol à Châteauguay










- |   |  |
|---|--|
|  École               |  Réseau routier       |
|  Hôpital             |  Autoroute            |
|  Zone d'impact       |  Route nationale      |
|  Limites municipales |  Route locale et rue  |
|   |  Sites accidentogènes |

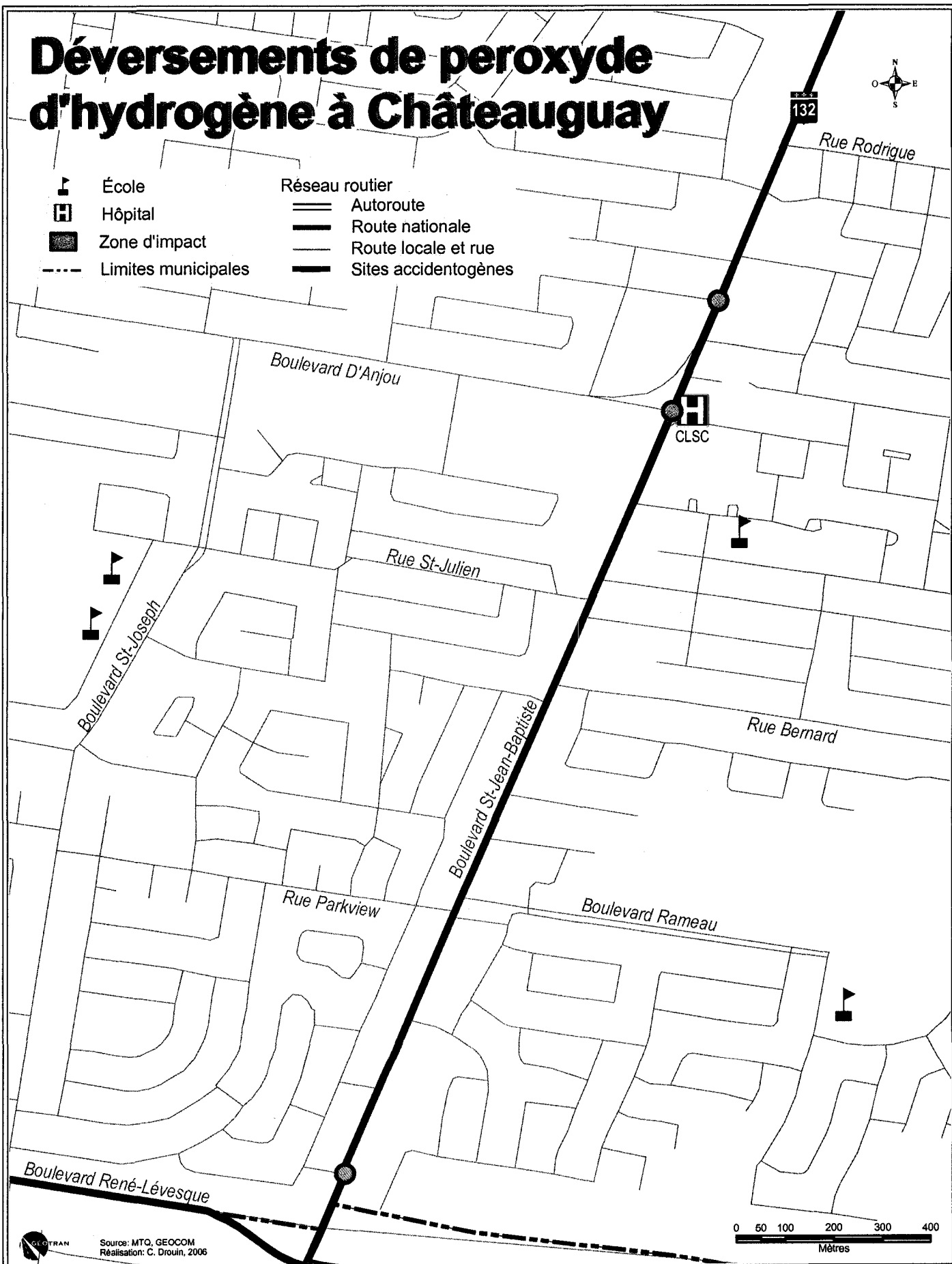


Sources: MTO, G  OCOM  
Réalisation: C. Drouin, 2006

0 50 100 200 300 400  
Mètres

# Déversements de peroxyde d'hydrogène à Châteauguay

- |   |                     |   |                      |
|---|---------------------|---|----------------------|
|  | École               |  | Réseau routier       |
|  | Hôpital             |  | Autoroute            |
|  | Zone d'impact       |  | Route nationale      |
|  | Limites municipales |  | Route locale et rue  |
|   |                     |  | Sites accidentogènes |



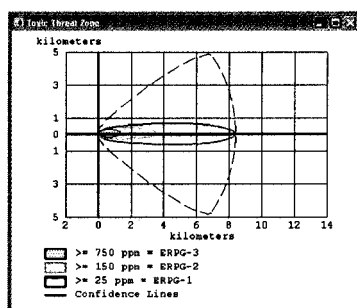
Source: MTO, GEOCOM  
Réalisation: C. Drouin, 2006

impliquées dans l'accident et celles se trouvant à proximité pourraient être affectées. Aucun calcul de la population touchée n'a donc été effectué.

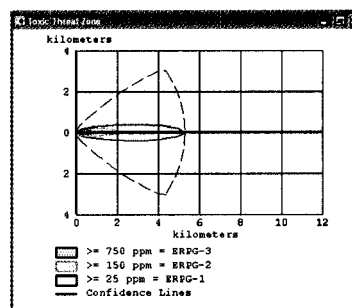
La dispersion atmosphérique de l'ammoniac gazeux ainsi que celle du propane ont menées à des résultats tout à fait différents, les panaches de dispersion pouvant atteindre une longueur de 3,6 kilomètres (carte 4.4). Pour chacune de ces matières dangereuses, quatre scénarios ont été réalisés (figures 4.1 et 4.2) afin de vérifier l'influence de certaines variables sur l'étendue de la zone d'impact.

Tout d'abord, deux types de déversement ont été envisagés : une fuite à partir d'une valve et un trou dans la paroi de la citerne. Lorsque la citerne est percée, la substance s'échappe très rapidement pour se disperser sur une plus grande distance. Par contre, la présence d'une valve, même défectueuse, contrôle le débit de la fuite ce qui a pour effet de maintenir la concentration du nuage toxique à un niveau élevé plus longtemps.

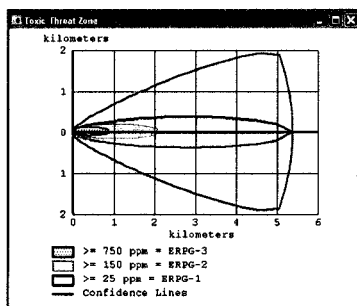
Les conditions atmosphériques ayant une grande influence sur la dispersion des gaz, des scénarios ont par la suite été réalisés pour deux moments opposés de notre climat : l'été (juillet) et l'hiver (janvier). Bien que la différence de température ait sans aucun doute une influence, ce sont la force et la direction du vent qui modifient davantage l'étendue des zones d'impact. Les vents moyens les plus fréquents en juillet proviennent du sud-ouest alors qu'en janvier, ils soufflent de l'ouest. De plus, les vents sont légèrement plus forts en hiver, causant une dispersion plus rapide des substances toxiques qui forment alors des panaches plus courts et plus étroits. Les cartes 4.4 et 4.5 permettent de comparer les situations pour chaque saison.



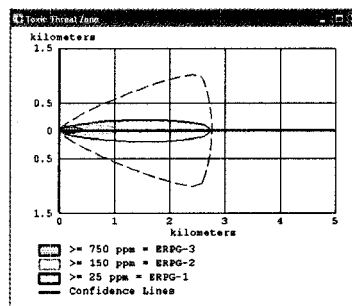
Déversement à partir d'un trou, conditions estivales



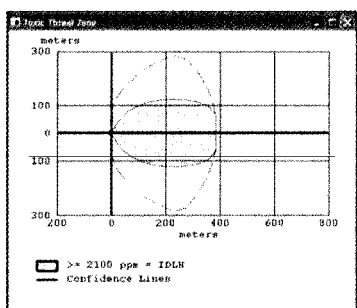
Déversement à partir d'une valve, conditions estivales



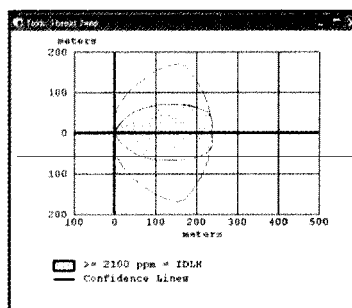
Déversement à partir d'un trou, conditions hivernales



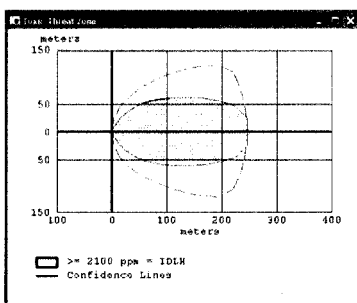
Déversement à partir d'une valve, conditions hivernales

**FIGURE 4.1** Dispersion atmosphérique de l'ammoniac

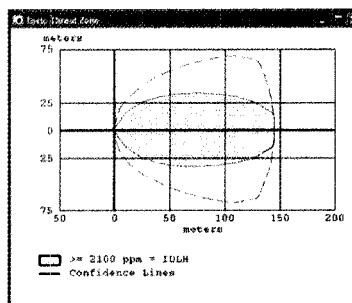
Déversement à partir d'un trou, conditions estivales



Déversement à partir d'une valve, conditions estivales



Déversement à partir d'un trou, conditions hivernales



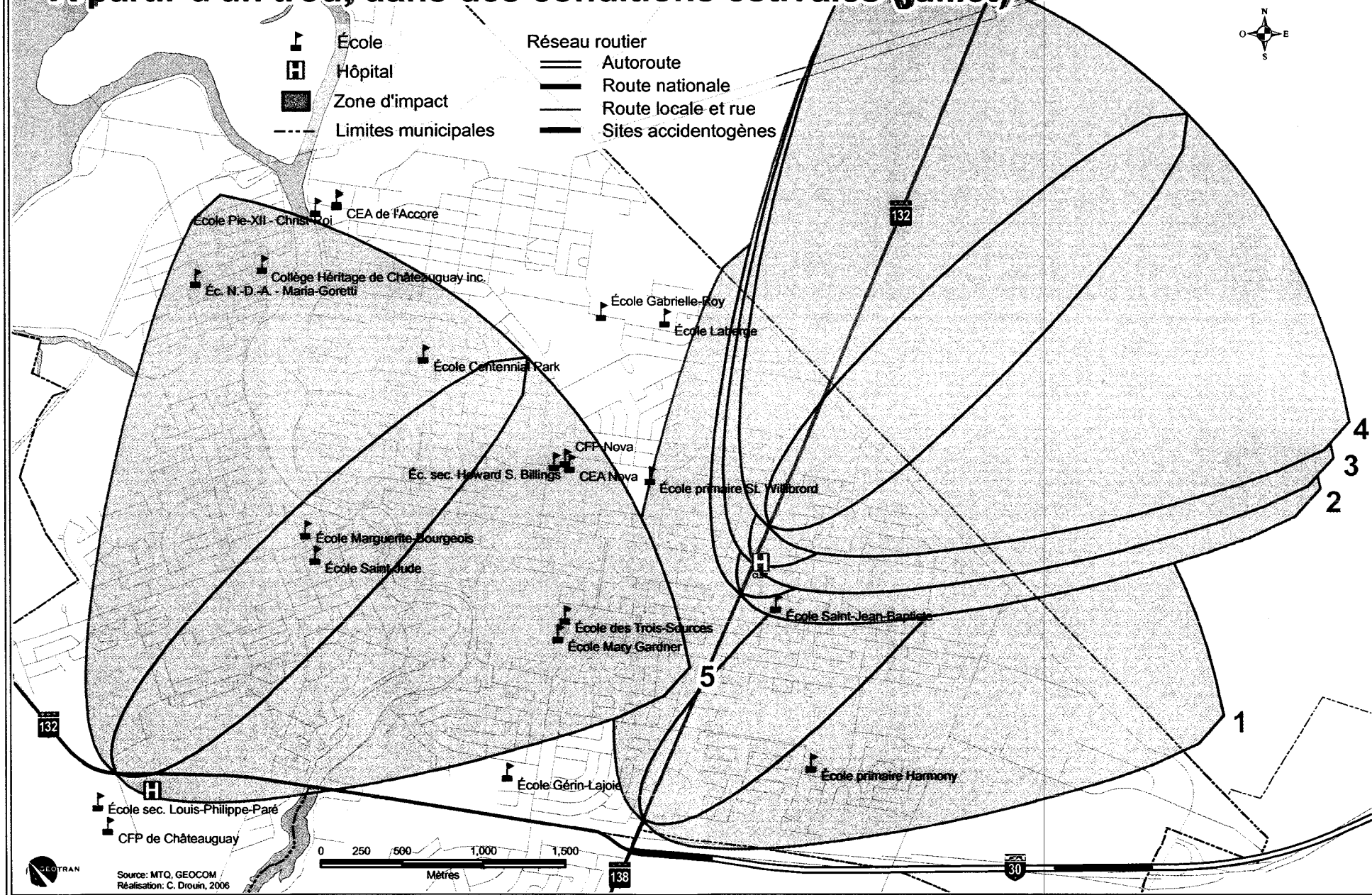
Déversement à partir d'une valve, conditions hivernales

**FIGURE 4.2** Dispersion atmosphérique du propane



# Déversements d'ammoniac à Châteauguay

À partir d'un trou, dans des conditions estivales (juillet)



# Déversements d'ammoniac à Châteauguay

## À partir d'un trou, dans des conditions hivernales (janvier)



## 4.2 ESTIMATION DES POPULATIONS TOUCHÉES

### 4.2.1 La cartographie dasymétrique

La cartographie dasymétrique peut jouer un rôle essentiel dans la précision de la distribution spatiale de la population. Le découpage des aires de diffusion en secteurs correspondant chacun à une occupation du sol a pour effet d'augmenter le nombre d'entités géographiques pertinentes à la répartition de la population recensée. Ainsi, pour le territoire de Châteauguay, les 45 aires de diffusion utilisées par Statistique Canada ont été divisées en 191 sous-secteurs (carte 4.6) possédant à la fois les caractéristiques de l'entité de base dont ils sont issus et la désignation de l'occupation du sol déterminée à partir des codes fonciers. Cette étape a permis d'identifier les zones inoccupées (31,5% de la superficie du territoire) et, par conséquent, d'affecter les habitants initialement répartis sur ces secteurs à d'autres parties de la municipalité. Cette réassignation des effectifs de population se fait d'ailleurs automatiquement lorsque les coefficients de densité de population sont ajustés, tel qu'expliqué à la section 3.4.2, pour éliminer les valeurs négatives. Le coefficient le plus faible étant celui de l'occupation du sol *inoccupé*, il est alors ramené à zéro.

Par la suite, la régression statistique a donc permis d'estimer la valeur du paramètre  $b_j$ , soit la densité de population en personnes par kilomètre carré, correspondant à chacune des occupations du sol. La valeur ajustée de  $R^2$  obtenue pour le modèle indique que l'occupation du sol peut expliquer 95,9% de la variation de la densité de population. Vraisemblablement, la répartition des habitants ne dépend pas exclusivement de l'occupation du sol. Les ajustements appliqués aux valeurs  $b_j$ , décrit à la section 3.4.2, permettent donc de tenir compte des autres facteurs pouvant influencer la répartition spatiale des populations. Le portrait obtenu est alors plus détaillé qu'une simple cartographie thématique du territoire.

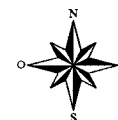
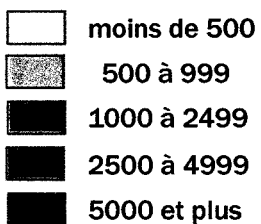
La validité des résultats a aussi été testée à l'aide d'un test T de Student dont le but était de vérifier, pour chaque valeur de  $b_j$ , si l'hypothèse  $H_0$  selon laquelle  $b_j=0$  peut

# Comparaison des densités de population obtenues pour la ville de Châteauguay selon deux méthodes d'estimation

Selon les données de recensement de Statistique Canada

Selon l'occupation du sol

Nombre d'habitants par kilomètre carré



Source : Statistique Canada, 2001  
Ville de Châteauguay, 2004

être rejetée. Ainsi, les résultats présentés au tableau 4.1 montrent que les densités associées aux catégories d'occupation du sol *industriel* ( $x_5$ ), *agricole* ( $x_6$ ) et *inoccupé* ( $x_7$ ) ne contribuent pas de façon significative à l'estimation des populations ( $y_i$ ). Il est donc possible que les conclusions concernant ces trois types d'occupation du sol ne soient pas fiables. Malgré tout, comme il s'agit de secteurs reconnus comme étant peu ou pas occupés, il est pertinent de considérer que le biais introduit n'affecte pas outre mesure l'allure générale du résultat final.

**TABLEAU 4.1**  
Estimation des paramètres obtenus par la cartographie dasymétrique  
et résultats des tests de T

Type d'occupation du sol	Paramètre estimé $b_j$	Beta <sup>a</sup>	T pour $H_0$ <sup>b</sup>	Significativité <sup>c</sup>
Résidentiel $x_1$	3136,504	0,855	16,132	Oui
Résidentiel multiple $x_2$	8777,123	0,192	4,809	Oui
Commerces et services $x_3$	547,976	0,05	0,753	Oui
Services publics $x_4$	1292,745	0,08	0,809	Oui
Industriel $x_5$	-832,743	-0,039	-0,61	Non
Agricole $x_6$	-52,434	-0,053	-1,131	Non
Inoccupé $x_7$	-150,33	-0,091	-1,182	Non

a. coefficient standardisé afin d'évaluer l'influence du paramètre sur la variabilité de la variable dépendante

b. résultat du test T de Student pour l'hypothèse  $H_0: b_j=0$

c. lorsque t est comparé au seuil théorique d'un test de T pour l'ensemble des cas; ici  $T=0,6744$  si  $\alpha=0,25$ <sup>1</sup>

Enfin, les densités de population obtenues suite à l'ensemble des procédures statistiques ont été comparées avec la distribution initiale des densités de population selon les données de recensement. L'augmentation du nombre d'entités géographiques a clairement pour effet d'améliorer la précision de la démarche en permettant une plus grande variabilité spatiale. L'analyse des données issues de cette comparaison indique que les secteurs où l'écart entre les densités de population est inférieur à 10% couvrent seulement 6% de la superficie de la municipalité. De plus, la répartition spatiale de la

<sup>1</sup> Si  $\alpha=0,025$ , seules les catégories *résidentiel* et *résidentiel multiple* contribuent significativement à l'estimation des populations ( $y_i$ ).

population obtenue strictement à partir des données de Statistique Canada sous-estime le nombre de personnes se trouvant possiblement dans un secteur dans près de 39% des cas.

#### 4.2.2 Précision de l'estimation des populations touchées : la cartographie dasymétrique versus la présence de routes

La présence de routes est une autre caractéristique du territoire dont l'influence sur la répartition spatiale des populations est reconnue (Chen et al. 2004). L'avantage de cette méthode par rapport à la cartographie dasymétrique est sa simplicité. Afin de savoir si la précision des résultats obtenus selon l'une ou l'autre des méthodes est comparable, les populations incluses dans chaque zone d'impact localisée sur le territoire de Châteauguay ont été estimées à l'aide de chacune d'elle (tableau 4.2). Par la suite, un test T de Student pour des échantillons pairés a permis de comparer les deux séries de résultats (Barber 1988). Ce test statistique indique que l'hypothèse  $H_0$ , selon laquelle  $X_1=X_2$ , ne peut pas être rejetée pour un niveau de confiance de 95%. Par conséquent, il est possible d'affirmer que les deux méthodes ne donnent pas des résultats significativement différents. Ainsi, l'approche dasymétrique n'ajoute rien en terme de précision lors de l'estimation des populations touchées par un sinistre.

### 4.3 LES SECTEURS PARTICULIÈREMENT VULNÉRABLES

#### 4.3.1 La densité de population

La densité de population dans un secteur peut influencer son niveau de vulnérabilité face aux situations d'urgence. En effet, plus le nombre de personnes touchées est grand, plus la mise en place des mesures d'urgence peut être complexe. Tout d'abord, il faut trouver un moyen efficace d'avertir la population visée par la situation en cours et des mesures de protection à prendre. Ensuite, si une évacuation est envisagée, celle-ci peut entraîner de graves problèmes de congestion de la circulation dus

**TABLEAU 4.2**  
Estimation des populations touchées

Matière dangereuse	Saison	Type de source	Longueur du panache	Superficie couverte par la zone d'impact	ID panache	Populations affectées (en nombre de personnes)	
						Selon les routes	Selon l'occ. du sol
Ammoniac	Hiver	Trou	2,1 km	1,75 km <sup>2</sup>	1	1922,25	2285,2
					2	2341,32	2526,99
					3	2032,66	2332,21
					4	1693,33	1789,8
					5	2038,43	1625,83
		Valve	1,1 km	0,5765 km <sup>2</sup>	1	1075,07	1077,54
					2	1459,27	1650,18
					3	1424,08	1772,7
					4	1389,86	1482,17
					5	658,9	389,37
	Été	Trou	3,6 km	9,824 km <sup>2</sup>	1	12327,79	16226,06
					2	4393,66	6092,73
					3	3511,17	4813,88
					4	2220,49	2858,27
					5	21782,98	25866,81
		Valve	2,1 km	3,26 km <sup>2</sup>	1	7256,07	7752,8
					2	3622,9	3648,18
					3	2773,9	2838,84
					4	1715,28	1574,23
					5	7388,65	7201,86
Propane	Hiver	Trou	246 m	0,046 km <sup>2</sup>	1	80,53	59,46
					2	140,5	93,8
					3	138,9	165,47
					4	131,45	96,57
					5	29,62	43,66
		Valve	145 m	0,01515 km <sup>2</sup>	1	30,34	14,72
					2	54,7	26,8
					3	54,9	19,63
					4	5,75	18,51
					5	16,2	3,07
	Été	Trou	383 m	0,168055 km <sup>2</sup>	1	430,33	356,08
					2	543,84	386,85
					3	49,81	485,87
					4	535,78	389,47
					5	240,4	73,46
		Valve	237 m	0,06055 km <sup>2</sup>	1	149,16	94,18
					2	226,03	93,29
					3	211,45	159,53
					4	115,2	81,92
					5	162,15	13,45

à la capacité limitée du réseau routier dans un quartier résidentiel. Ainsi, les zones d'impact impliquant un grand nombre de personnes peuvent être considérées comme des secteurs particulièrement vulnérables.

Dans le cas de Châteauguay, la pire situation identifiée lors des analyses pourrait se produire suite à un déversement d'ammoniac à partir d'un trou dans des conditions estivales (carte 4.4). Dans ces conditions, un déversement sur la route 132 (boulevard René-Lévesque) près du Centre hospitalier Anna-Laberge (panache 5) pourrait affecter plus de 25 000 habitants.

#### 4.3.2 Les écoles

Les enfants forment une catégorie de la population généralement reconnue comme étant plus vulnérable. Une école est donc un établissement auquel il faut porter attention en cas d'urgence. De plus, l'évacuation d'une institution scolaire demande un bon niveau d'organisation et certains moyens logistiques, sans oublier un mécanisme d'information permettant aux parents de retrouver leurs enfants.

Parmi les analyses réalisées pour le territoire de Châteauguay, il apparaît que les déversements d'ammoniac dans des conditions estivales (cartes 3.4 et 3.7) affectent de nombreuses écoles à la fois. Il est également possible d'identifier deux établissements particulièrement vulnérables parce presque toujours inclus dans une zone d'impact. Il s'agit des écoles primaires St-Jean-Baptiste et Harmony, comptant respectivement 175 et 242 élèves en 2005-2006 (Ministère de l'Éducation, Loisir et Sport 2006).

#### 4.3.3 Le Centre hospitalier Anna-Laberge

Inauguré en 1988, le Centre hospitalier Anna-Laberge est l'un des établissements hospitaliers les plus récents au Québec. Situé à Châteauguay, il dessert une clientèle régionale. De façon évidente, un hôpital représente un établissement vulnérable en cas de situation d'urgence : la santé d'une bonne part des gens qui s'y trouvent est déjà fragilisée



et une évacuation constituerait un véritable défi d'organisation et de logistique. Le CH Anna-Laberge est d'autant plus à risque d'être touché par les conséquences d'un accident de la route impliquant des matières dangereuses qu'il est situé tout près de la route 132, un axe important du transport des marchandises dans la région.

Pour tous les scénarios élaborés dans le cadre de ce projet, un site de déversement a été localisé à proximité de l'établissement de soins de santé. Bien que les limites de toutes les zones d'impact soient situées très près de l'hôpital, celui-ci est particulièrement vulnérable dans le cas de déversements en conditions hivernales à cause de l'orientation des vents dominants qui poussent alors le nuage toxique dans sa direction. Par exemple, le CH peut être inclus dans la zone d'impact pour les déversements d'ammoniac survenant en janvier, tant à partir d'une valve que d'un trou dans la citerne (cartes 4.5 et 4.8).

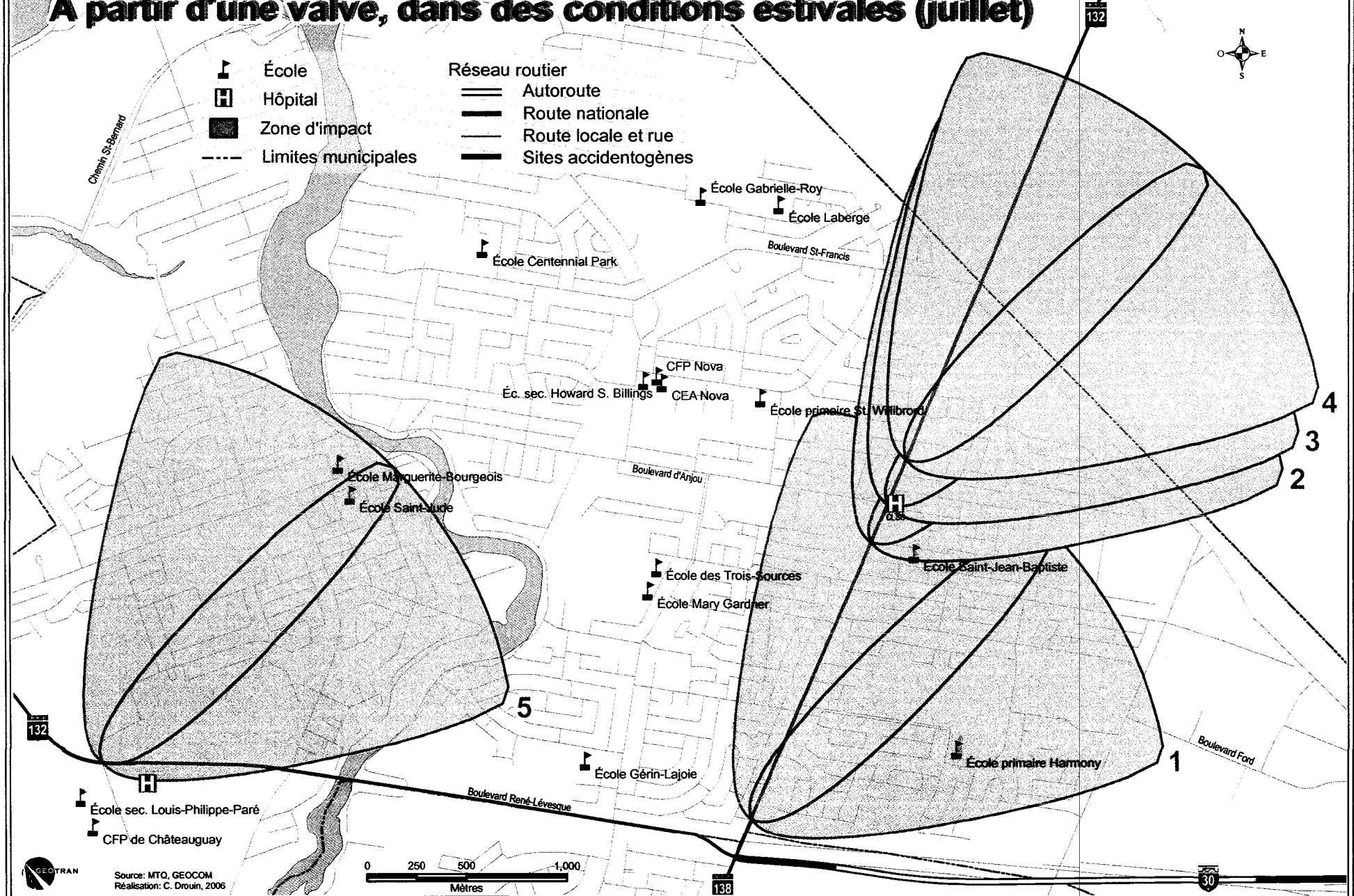
#### 4.3.4 Les routes nationales

Un accident de la route, qui plus est s'il implique une substance dangereuse, affecte toujours la circulation locale. Par contre, si un nuage toxique se répand au dessus de la route, la situation d'urgence se complexifie davantage. Dans un pareil cas, la circulation devra être détournée avant d'atteindre la zone d'impact et les véhicules s'y trouvant déjà devront en sortir rapidement. De plus, le tronçon de route affecté ne pourra pas être utilisé pour l'évacuation des populations touchées.

Sur le territoire de Châteauguay, ce type de situation pourrait se produire en cas de déversement sur la 138 (boulevard St-Jean-Baptiste) dans des conditions estivales. Ainsi, si de l'ammoniac sous forme gazeuse se déverse à partir d'un trou dans la citerne, la portion de route touchée par la dispersion atmosphérique pourrait atteindre une longueur de 3,6 kilomètres (carte 4.4) alors que le panache peut s'étendre sur 2,1 kilomètres si le déversement se fait à partir d'une valve (carte 4.7).

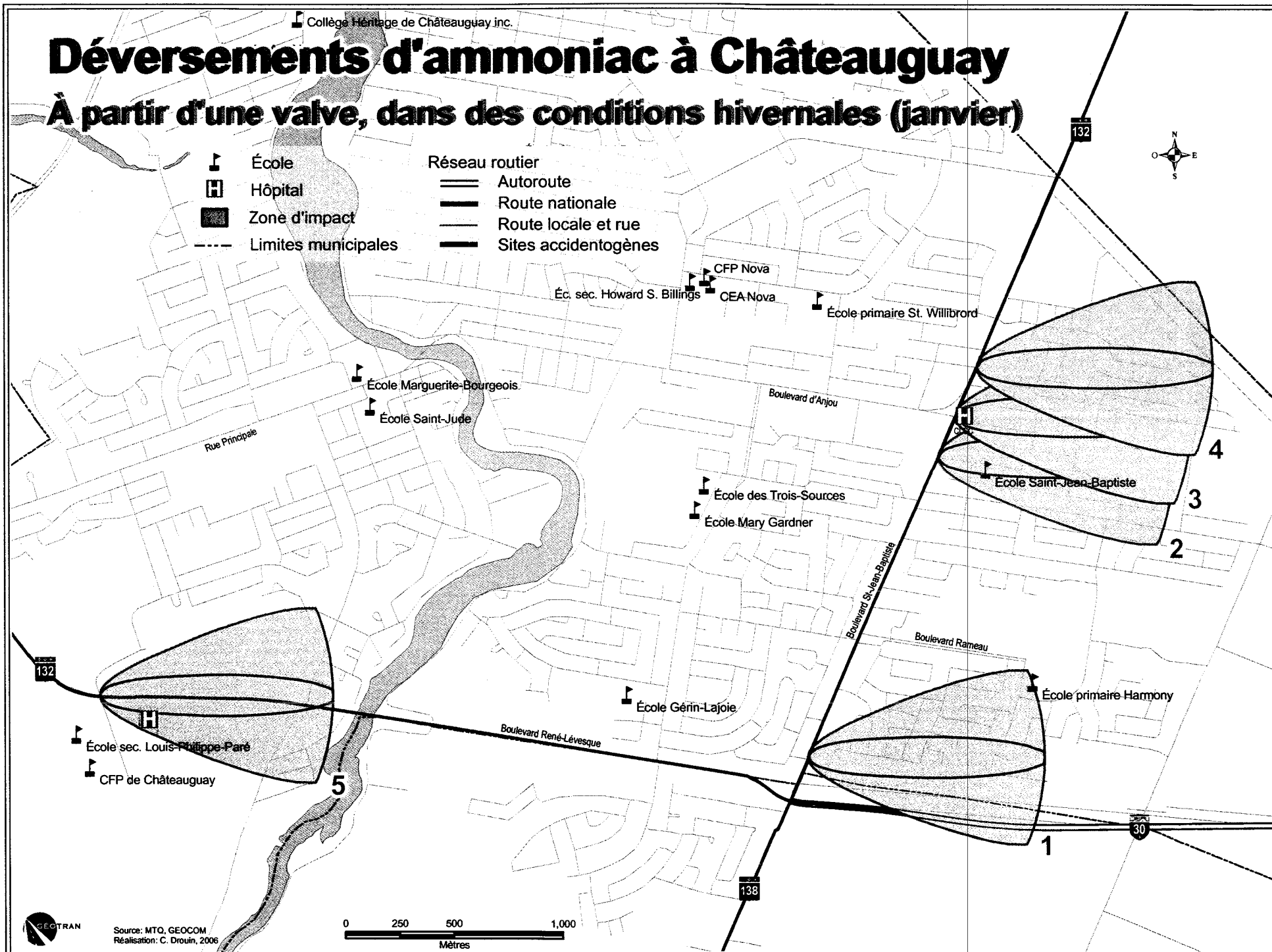
# Déversements d'ammoniac à Châteauguay

## À partir d'une valve, dans des conditions estivales (juillet)



# Déversements d'ammoniac à Châteauguay

## À partir d'une valve, dans des conditions hivernales (janvier)



## CHAPITRE V

### DISCUSSION

La plupart du temps, la planification des mesures d'urgence repose sur des hypothèses : à partir d'éléments connus, des scénarios sont élaborés pour tenter de représenter toutes les éventualités. Même si nous souhaitons tous ne jamais y être confrontés, il faut se préparer à faire face à la pire des situations. Toutefois, il est aussi important que ces scénarios soient réalistes et mènent vers l'élaboration d'une réponse adéquate. En ce sens, la réflexion initiée par les résultats obtenus au cours des analyses de risques constitue une phase fondamentale du processus de planification. Ce chapitre reprend donc cette étape et présente un bilan de la situation pour le site d'étude avant de discuter des principales mesures de protection de la population.

#### 5.1 ANALYSE DU RISQUE ASSOCIÉ AU TRANSPORT ROUTIER DES MATIÈRES DANGEREUSES

##### 5.1.1 Portrait de la situation pour le site d'étude

Les scénarios élaborés pour la ville de Châteauguay démontrent la grande diversité de situations pouvant survenir lorsqu'il est question de transport routier de matières dangereuses. Cet éventail de possibilités découle en partie du nombre important de substances transportées sur le territoire de la municipalité. D'ailleurs, l'enquête origine-destination de 2002 (Leroux et Beaudoin 2002), qui exclut les produits pétroliers et les chargements en transit, répertorie plus d'une cinquantaine de produits dangereux différents empruntant les routes 132 ou 138. Ces deux axes routiers étant souvent utilisés comme voies de contournement de la métropole et de ses bouchons de circulation, la densité du trafic routier n'y a rien de surprenant. De plus, Châteauguay est située au

cœur de la zone d'échanges économiques reliant les provinces et états bordant la voie maritime du Saint-Laurent aux provinces maritimes et à la côte est américaine.

Parmi les matières dangereuses choisies pour l'élaboration des scénarios, les résultats présentent également une grande variabilité. Certaines matières (ammoniac en solution, méthanol, peroxyde d'hydrogène) sont presque inoffensives, principalement à cause de leur faible volatilité. À l'opposé, l'ammoniac gazeux risque d'entraîner des conséquences graves, pouvant affecter plus de 20 000 personnes dans le pire des cas. Plusieurs groupes de chercheurs ont d'ailleurs identifié l'ammoniac parmi les substances les plus fréquemment impliquées dans des accidents causant des blessures, la perte de vies humaines ou des évacuations (Welles et al. 2004, Horton et al. 2003). Quant au propane, sa dispersion atmosphérique prend beaucoup moins d'ampleur : le panache le plus important résulterait d'un déversement survenant l'été à partir d'un trou dans la paroi de la citerne et affecterait alors environ 500 habitants (voir la carte C1, Annexe C).

L'hétérogénéité de l'occupation du sol contribue aussi à la variabilité des résultats lors de l'estimation des populations touchées. Bien que fortement résidentielle, Châteauguay compte aussi un secteur industriel bien développé et plusieurs artères commerciales. Par conséquent, certains déversements peuvent avoir des conséquences fort différentes en fonction de l'emplacement de la source. Ainsi, l'amélioration de la précision de la répartition spatiale de la population joue un rôle important dans l'analyse des risques associés au transport routier des matières dangereuses. En ce sens, la comparaison des résultats obtenus par la cartographie dasymétrique avec ceux basés sur la présence de routes indiquent que les deux techniques permettent un niveau de précision similaire dans l'estimation des populations touchées par un sinistre. Dans ce cas, il est profitable d'opter pour la méthode la plus simple, soit la répartition uniforme de la population le long des routes. Contrairement à la cartographie dasymétrique, cette façon de faire ne nécessite que peu d'informations et quelques opérations simples. Ainsi, elle est facilement applicable au niveau municipal.

En somme, même si les résultats obtenus ne représentent qu'un échantillon des situations possibles pour la municipalité, ils illustrent néanmoins l'ampleur des conséquences possibles suite à un accident de la route impliquant une substance toxique. Ces analyses indiquent donc l'importance de tenir compte de ce secteur d'activités dans l'élaboration des schémas de sécurité civile ainsi que lors de la planification des mesures d'urgence.

### 5.1.2 Les autres risques

Dans le cadre des analyses réalisées pour ce projet de recherche, seuls les conséquences en terme de populations touchées par la dispersion atmosphérique d'un produit déversé ont été considérées. Toutefois, une étude complète du risque associé au transport routier des matières dangereuses devra également tenir compte des autres aspects du risque, notamment en matière d'environnement. En ce sens, la contamination de l'eau a déjà été abordée dans le cadre de travaux de recherche de maîtrise. Il serait aussi pertinent d'évaluer le niveau de contamination des sols ainsi que les effets sur la faune et la flore.

Enfin, pour certains produits dangereux, le risque d'explosion n'est pas à négliger. Une explosion en milieu urbain peut entraîner de multiples incendies, parfois violents, et causer instantanément des blessures graves de même que le décès de personnes se trouvant sur les lieux. À titre d'exemple, l'explosion d'un chargement de propane à Châteauguay, selon des paramètres semblables à ceux utilisés pour l'ensemble des scénarios, provoquerait une onde de choc, où la pression atteint 1 PSI, ressentie sur un rayon de 30 mètres.

## 5.2 L'ÉVACUATION : UNE OPTION ENVISAGEABLE?

La réponse à une situation catastrophique a une influence directe sur les conséquences de cette dernière. Le choix de la mesure de protection des populations la

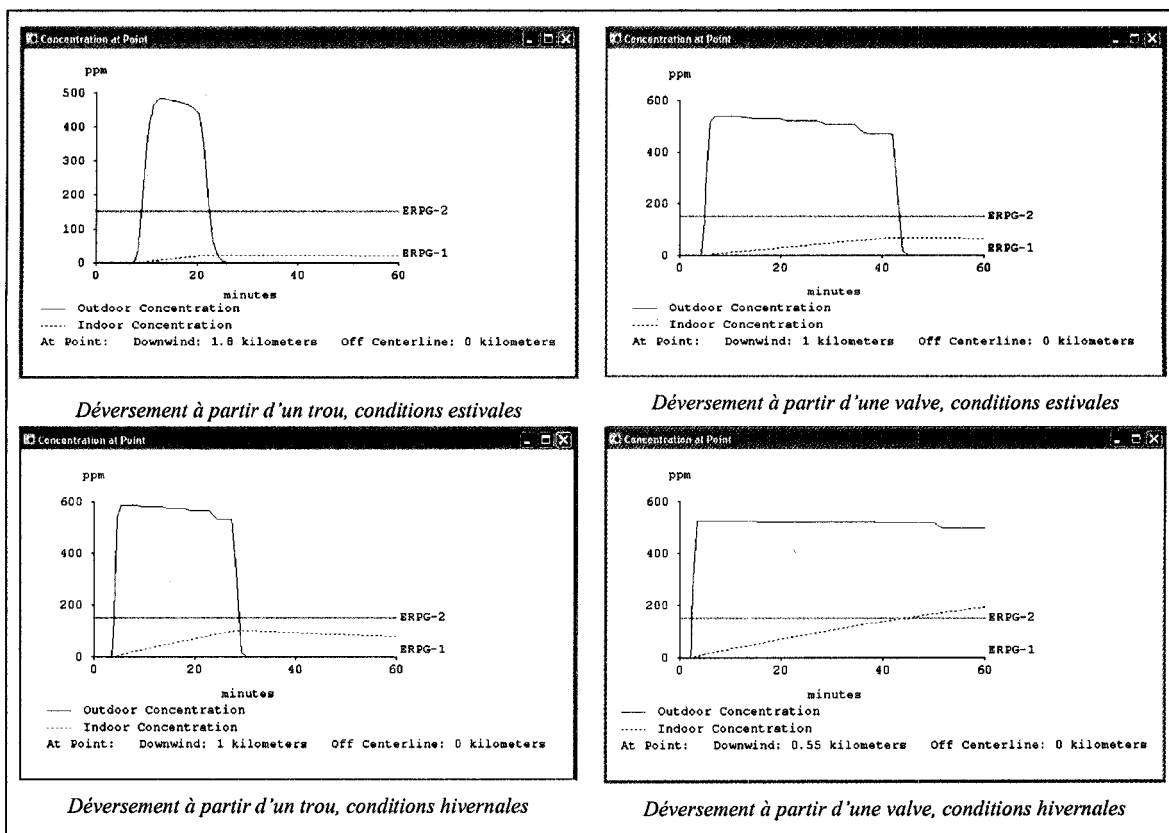
plus appropriée revêt donc une importance capitale. Les deux options envisageables en cas de déversement d'un produit dangereux sont l'évacuation et le confinement sur place. Chacune de ces alternatives comportant son lot de défis, plusieurs éléments indiquent toutefois que le confinement sur place peut convenir à la plupart des situations.

D'abord, la capacité souvent limitée du réseau routier dans un secteur résidentiel laisse présager un engorgement rapide des voies de sortie entraînant un ralentissement de l'évacuation. De plus, certains établissements tels l'hôpital, les écoles et les résidences pour personnes âgées sont particulièrement difficiles à évacuer en raison des besoins spécifiques de leur clientèle. En fait, une étude publiée en 2005 montre que le temps nécessaire pour mobiliser une population et mettre en branle une évacuation peut varier entre une et deux heures (Goldblatt et Weinisch 2005). Ce délai est principalement dû au temps nécessaire pour avertir les gens et pour que ceux-ci quittent leur résidence de façon sécuritaire avec quelques effets personnels. Or, pour la plupart des scénarios réalisés pour des déversements d'ammoniac ou de propane à Châteauguay, le nuage toxique se disperse en moins d'une heure et la concentration atmosphérique extérieure redescend alors sous le seuil de toxicité choisi (ERPG-2). Les figures 5.1 et 5.2 montrent également que les concentrations à l'intérieur d'un bâtiment ne dépassent pas ce même seuil. Ainsi, le confinement sur place offre un niveau de protection suffisant. Par contre, cette affirmation n'est pas valable pour les scénarios de déversements survenant en hiver à partir d'une valve. Dans ces situations, la concentration à l'extérieur reste élevée beaucoup plus longtemps ce qui permet au gaz toxique de s'infiltrer davantage à l'intérieur des bâtiments, jusqu'à dépasser le seuil de toxicité ERPG-2. En conséquence, une évacuation pourrait alors être la meilleure façon d'assurer la sécurité de la population visée.

### 5.3 ÉLÉMENTS À PRÉVOIR AU SCHEMA DE SÉCURITÉ CIVILE MUNICIPAL

D'entrée de jeu, il est évident que peu importe le type de catastrophe, les stratégies de réponse doivent être étudiées, analysées et planifiées à l'avance. Que l'on

choisisse d'évacuer les sinistrés ou d'utiliser le confinement sur place, ces actions nécessitent une grande préparation. Ainsi, le but de cette section n'est pas de dresser une liste complète des éléments à inclure dans les schémas de sécurité civile. Des guides très élaborés ont déjà été conçus afin d'accompagner les dirigeants municipaux et régionaux dans l'élaboration de plans de mesures d'urgence (Ministère de la Sécurité Publique 1997 et Ministère de la Sécurité Publique 1998). Toutefois, certains aspects peuvent prendre une importance particulière lorsqu'il est question des risques associés au transport routier des matières dangereuses et méritent donc d'être soulignés.

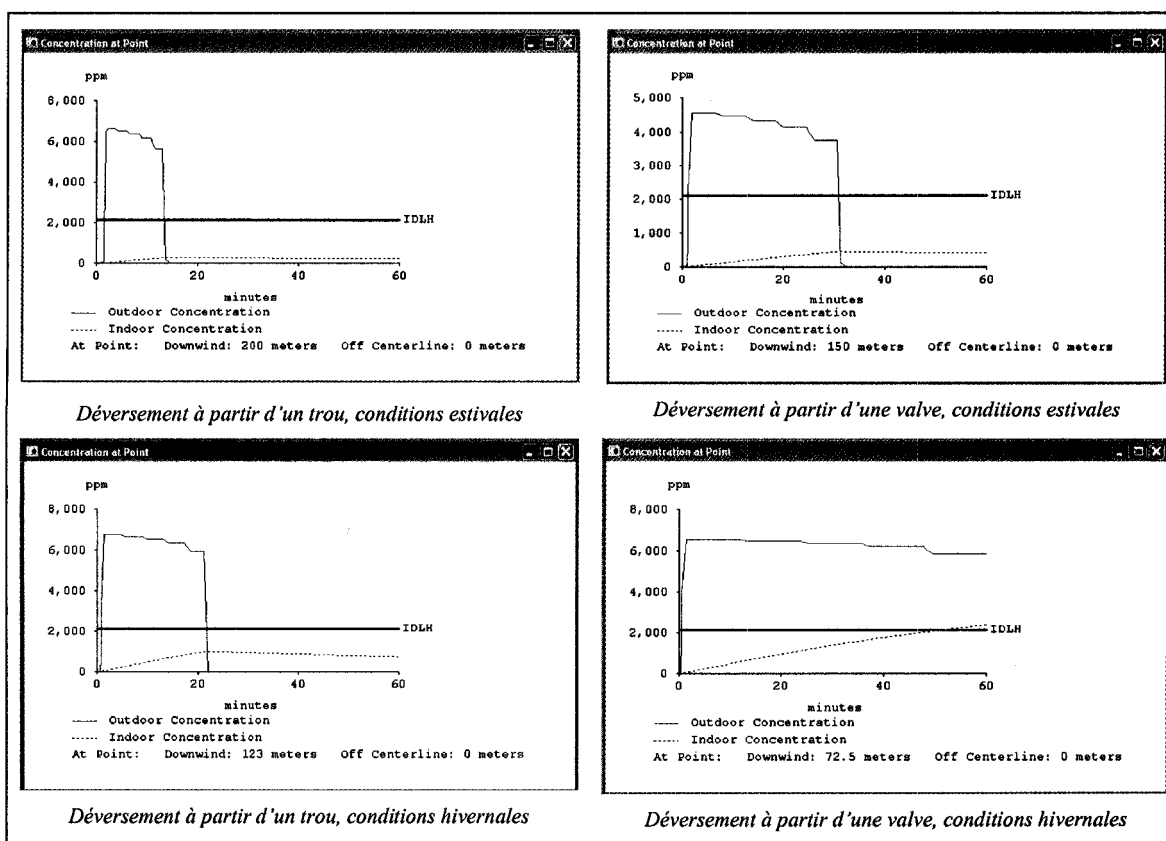


**FIGURE 5.1** Concentration atmosphérique d'ammoniac au centre du panache de dispersion

D'abord, avant même que survienne un accident de la route causant un déversement de produit toxique et affectant la population, certaines mesures de prévention devraient être mises en place. La plus importante dans ce genre de situation est la désignation des routes pouvant être empruntées par des chargements de produits dangereux. L'utilisation de voies de contournement permettrait alors d'éviter les secteurs



les plus peuplés tels les quartiers résidentiels, les abords des écoles ou encore les établissements de soins de santé. Tout en réduisant la vulnérabilité, ce type de mesures permettraient également de mieux caractériser le risque pour éventuellement élaborer une réponse plus précise. De telles dispositions existent déjà afin d'encadrer le transport des explosifs mais il serait pertinent d'appliquer des règles similaires aux autres catégories de matières dangereuses.



**FIGURE 5.2** Concentration atmosphérique de propane au centre du panache de dispersion

Dans toute gestion de crise, la transmission efficace des informations est un élément fondamental. La coordination des actions, la gestion des interventions, les décisions, tout dépend de la qualité des informations disponibles et de la vitesse à laquelle elles peuvent circuler d'une personne à l'autre. Le moment le plus important du processus de communication demeure néanmoins l'alerte, premier moment de mobilisation vers un comportement sécuritaire approprié (Denis 2002). Lorsque la

population doit être impliquée, ce moment doit être particulièrement bien structuré afin d'éviter les rumeurs et les mouvements de panique. Toutefois, l'alerte ne provient pas toujours d'experts mais plutôt de la population qui a vu l'événement (Denis 2002). Dans le cas d'un accident de la route impliquant des matières dangereuses, les conséquences peuvent se faire sentir très rapidement. Ainsi, il sera important d'impliquer les premiers répondants dans le processus car ce sont eux qui pourront dès les premiers moments, lancer le bon message parmi les gens présents sur les lieux afin d'éviter la confusion qui inciteraient les gens à ne pas suivre les consignes de sécurité. Celles-ci devront d'ailleurs être prêtes pour diffusion immédiate en cas de besoin et la façon de transmettre l'information à la population visée devra également être prévue à l'avance.

Enfin, la communication face aux risques et aux mesures de protection à adopter en cas de catastrophe commence bien avant l'élément déclencheur d'une situation d'urgence. En fait, les mesures de protection de la population seront beaucoup plus faciles à mettre en place si les gens sont avisées et savent comment réagir à l'alerte. Par contre, de telles informations sont susceptibles de provoquer de l'inquiétude, voire même de la colère au sein de la population. C'est pourquoi la diffusion des consignes à suivre en cas d'urgence doit être préparée minutieusement. Il est donc essentiel que cette étape de la préparation en vue d'une réaction efficace en cas d'urgence soit incluse dans les schémas de sécurité civile.

## **CHAPITRE VI**

### **CONCLUSION**

Bien que les risques associés au transport routier des matières dangereuses soient bien réels, ils sont souvent mis de côté car on ignore en quoi ils consistent. Pourtant, la part du transport des marchandises dangereuses empruntant la route ne cesse de s'accroître (Provencher 2004). Il devient donc de plus en plus important d'inclure cette catégorie de risques dans la planification des schémas de sécurité civile. Pour ce faire, les systèmes d'information géographique (SIG) ont déjà fait leur preuve. D'ailleurs, les travaux ayant servi de point de départ à ce projet de recherche proposent des pistes intéressantes au sujet des stratégies d'analyse des risques applicables à ce domaine d'activités. En plus d'offrir de grandes possibilités dans le traitement des données, le SIG permet une présentation efficace des résultats d'analyse. De plus, il est possible d'y intégrer la modélisation de la dispersion atmosphérique d'un produit toxique déversé dans l'environnement. Ainsi, l'analyse des risques peut se baser sur des scénarios réalistes conçus à partir du croisement d'une vaste gamme d'informations disponibles sur un site d'étude.

Lorsqu'il est question de la dispersion d'un nuage toxique suite à un accident de la route entraînant le déversement d'un produit dangereux, les populations pouvant être affectées deviennent la première priorité de l'analyse des risques. La localisation des habitants d'un secteur doit donc se faire avec le plus de précision possible. Les informations issues des recensements nationaux présentent un portrait de la répartition spatiale des populations structuré selon un découpage du territoire qui ne tient nullement compte des facteurs qui influencent la présence de population tels l'occupation du sol ou la présence de route. Ainsi, la prise en compte de ces éléments peut mener à une plus grande précision dans la répartition spatiale des habitants d'un secteur visé.

Une fois les populations vulnérables identifiées, des mesures de protection doivent alors être envisagées. Sur ce sujet, les experts considèrent que trois options peuvent être prises en considération : ne rien faire, confiner sur place ou évacuer. Ces deux dernières stratégies d'intervention ont chacune leurs avantages et inconvénients. Ainsi, le choix de l'une ou de l'autre doit faire l'objet d'une réflexion de la part des décideurs. Pour appuyer leur choix d'intervention, ceux-ci ont donc besoin d'un portrait complet de la situation.

La méthode d'analyse des risques associés au transport routier des matières dangereuses proposée dans ce projet vise justement à permettre de dresser ce bilan au niveau municipal. En guise d'exemple, les trois principales phases d'analyse ont été appliquées à la municipalité de Châteauguay en Montérégie. D'abord, l'évaluation de l'étendue des zones touchées a été réalisée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique d'un produit déversé. Les sites retenus pour la localisation des déversements avaient été identifiés par le Ministère des Transports (Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie) comme étant plus susceptibles de voir se produire un accident de la route (Ministère des Transport du Québec 2004). En parallèle, les méthodes de précision de la répartition spatiale des populations ont été testées et comparées afin de retenir les résultats les plus fidèles à la réalité sans compliquer inutilement les manipulations de données. Il s'avère ainsi que la cartographie dasymétrique ne possède pas d'avantage sur une estimation reposant sur la présence de routes. Enfin, ces deux étapes ont été mises en commun dans le but de compléter l'analyse des risques. Il a alors été possible d'estimer le nombre d'habitants touchés par un déversement et d'identifier les sites particulièrement vulnérables sur le territoire.

Les résultats ainsi obtenus montrent l'ampleur que peut prendre le phénomène. Dans le cas de Châteauguay, un accident de la route causant le déversement d'un chargement d'ammoniac gazeux peut affecter plus de 20 000 personnes. Même si certaines substances sont beaucoup moins dangereuses, il importe tout de même de connaître leur réaction lors d'un déversement afin d'évaluer les conséquences possibles. Les différents exercices de modélisation ont d'ailleurs permis de constater l'effet des

conditions atmosphériques saisonnières sur la dispersion atmosphérique des substances sélectionnées pour les analyses. Non seulement l'orientation du panache est-elle influencée par les vents mais l'étendue du nuage toxique est aussi dépendante de la température ambiante. Ainsi, chaque scénario étant un peu différent des autres, les variations dans les différents paramètres peuvent contribuer à dresser le portrait global des risques présents sur un territoire. Ce bilan de la situation permet ensuite d'évaluer les vulnérabilités locales : écoles, centre hospitalier, routes et autoroutes qu'il faudra bloquer et évacuer.

Finalement, il est également possible de tenir compte du temps nécessaire pour atteindre les niveaux de concentration dangereux à l'extérieur et à l'intérieur des édifices situés sous le panache de dispersion. Dans le cadre des analyses réalisées pour Châteauguay, ces données ont été extraites pour un site localisé au centre de la zone d'impact. Toutes ces informations contribuent à orienter les décisions sur les mesures à prendre afin d'assurer la sécurité des gens mais peuvent aussi alimenter la réflexion sur les actions à entreprendre dans le but de minimiser les risques auxquels sont exposés les populations.

Cet exemple d'analyse des risques associés au transport routier des matières dangereuses appliquée à la ville de Châteauguay présente donc un portrait typique de la situation. Bien que certains aspects du risque aient été mis de côté dans le cadre de ce projet, notamment les risques d'explosion, il est possible de tirer des conclusions propres à améliorer le niveau de préparation des municipalités face à ce type de catastrophes. Ainsi, les résultats indiquent que la plupart du temps, il est inutile d'opter pour une évacuation suite au déversement d'une substance toxique. Le nuage de dispersion se déplaçant très rapidement, les gens n'auraient pas le temps de s'éloigner suffisamment. De plus, le nuage gazeux se disperse assez vite et les niveaux de concentration à l'intérieur des édifices n'atteignent pas les seuils de toxicité établis. Ainsi, le confinement sur place s'avère souvent être la mesure de protection de la population la plus appropriée. Enfin, ce type de mesure demande que l'organisation de la réponse en cas de catastrophe soit bien en place et connue de tous. La planification minutieuse des

actions à prendre et des décisions à envisager doit donc être la première tâche sur laquelle se pencheront les élus municipaux. La stratégie de communication avant, pendant et après un événement majeur doit également faire l'objet d'une attention particulière. Il s'agit en effet de la pierre angulaire de toutes les interventions en situation d'urgence.

En fin de compte, les résultats présentés dans ce mémoire indiquent clairement l'importance d'inclure les risques associés au transport routier des matières dangereuses dans les schémas de sécurité civile municipaux ou régionaux. Cette nécessité ne s'explique pas seulement à partir des conséquences auxquelles les municipalités doivent être en mesure de répondre adéquatement. Ces schémas devant élargir leurs horizons bien au-delà des plans de mesures d'urgence conventionnels pour inclure les mesures de mitigation, de prévention et de rétablissement, il sera alors possible d'agir directement sur la source du risque. Dans le cas du transport routier des matières dangereuses, il peut s'agir de l'adoption de législation afin d'identifier les routes à emprunter permettant d'éviter les secteurs densément peuplés et les sites particulièrement vulnérables. En fait, de telles restrictions existent déjà pour encadrer le transport des explosifs. Serait-il pertinent de les étendre à d'autres catégories de produits toxiques? Les municipalités auraient sans aucun doute avantage à se pencher sur la question avant qu'un drame ne survienne.

Somme toute, les leçons à tirer des scénarios établis pour Châteauguay relèvent du gros bon sens et peuvent s'appliquer à de nombreuses autres municipalités du Québec. Par contre, force est de constater l'ampleur de la tâche qui attend nombre d'entre elles en matière de sécurité civile. Plusieurs n'ont carrément pas de plan d'urgence, ne savent rien sur les camions qui circulent sur leurs routes ou n'ont simplement pas encore pris le virage technologique pour la gestion du territoire. Malgré tout, ce travail colossal ne devrait pas pousser les autorités à balayer certaines catégories de risques sous le tapis. Bien sûr, il sera pratiquement impossible de prévoir toutes les situations pouvant survenir en tous lieux et tous moments. En ce sens, la Loi sur la Sécurité civile est probablement un peu ambitieuse. Il faut toutefois fixer un idéal à atteindre en vue de maintenir le plus

haut niveau de sécurité possible pour la population. Mieux connaître les dangers qui nous guettent constitue le premier pas vers cet objectif.

Dix ans se sont écoulés depuis la tempête de verglas et les mauvais souvenirs semblent s'estomper peu à peu. Les recommandations du Rapport Nicolet concernant l'organisation et la planification des mesures d'urgence n'ont pas été oubliées mais le Gouvernement tarde toujours à les imposer réellement. Pourtant, à l'ombre des événements du 11 septembre 2001, la sécurité civile a la cote. De plus, les outils informatiques à la disposition des municipalités sont aptes à rendre les démarches nécessaires moins laborieuses. Il est à souhaiter que la démonstration de cette méthode d'analyse des risques associés au transport des matières dangereuses appliquée à la municipalité de Châteauguay saura convaincre du bien fondé d'un tel exercice.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Abkowitz, M., Chen, P.D.-M., et Lepofsky, M. (1990) «Use of Geographic Information Systems in managing hazardous materials shipments», *Transportation Research Records* 1261: 35-43.
- Alain, M. (2004) «Les us et abus de la régression multiple en sciences humaines», Les Éditions SMG, Trois-Rivières, 110 p.
- Alhajraf, S., Al-Awadi, L., Al-Fadala, S., Al-Khubaizi, A., Khan, A.R., et Baby, S. (2005) «Real-time response system for prediction of the atmospheric transport of hazardous materials», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 18: 520-525.
- Barber, G.M. (1988) «Elementary statistics for geographers», The Guilford Press, New York, 513 p.
- Beaulieu, P., et Marchand, J.-F. (2001) «Guide de planification stratégique des opérations d'évacuation en milieu hautement urbanisé», Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la population, Gouvernement du Canada, Ottawa, 109 p.
- Center for Chemical Process safety of the American Institute of Chemical Engineers (1995) «Guidelines for chemical transportation risk analysis», American Institute of Chemical Engineers, New York, 381 p.
- Chakraborty, J., et Armstrong, M.P. (1996) «Using geographic plume analysis to assess community vulnerability to hazardous accidents», *Comput., Environ. and urban systems*, 19 (5/6): 341-356.
- Chen, K., McAneney, J., Blong, R., Leigh, R., Hunter, L., et Magill, C. (2004) «Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a dasymetric mapping approach», *Applied Geography*, 24: 97-117.
- Church, R.L., et Cova, T.J. (2000) «Mapping evacuation risk on transportation networks using a spatial optimization model», *Transportation Research, Part C*(8): 321-336.
- Dauphiné, A. (2003) «Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer.», Armand Colin, Paris, 288 p.



- Denis, H. (2002) «La réponse aux catastrophes. Quand l'impossible survient.», Presses internationales Polytechnique, Montréal, 318 p.
- Dionne, L., et Sebez, S. (2002) «Identification des risques associés au transport des matières dangereuses : Étude des conséquences d'accidents sur le territoire de la ville de Trois-Rivières», Direction de santé publique de la Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du Québec, Trois-Rivières, 61 p.
- Dubois-Maury, J., et Chaline, C. (2004) «Les risques urbains», Armand Colin, Paris, 208 p.
- Evans, M., Jones, R., et Overstreet, R. (1993) «Modeling hydrochloric acid evaporation in ALOHA», Report no. Hazmat 93-3, Modeling and Simulation Studies Branch, Hazardous Materials Response and Assessment Division, Office of Ocean Resources Conservation and Assessment, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, 14 p.
- Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E., et Pastorino, R. (2002) «A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation», *Journal of Hazardous Materials*, 93 : 1-15.
- Francoeur, L.-G. (1998) «Une catastrophe très révélatrice. Le Québec «sonné» par le Grand Verglas.» [version électronique], *Le Monde diplomatique*, mai : 20-21.
- Glatron, S. (2000) «Les enjeux territoriaux et urbains des risques technologiques majeurs», *L'information géographique*, 64(sept.) : 276-280.
- Glatron, S. (2001) «L'évaluation des risques technologiques majeurs, approche géographique. L'exemple du stockage et de la distribution des carburants dans la région urbaine d'Île-de-France», *Cybergéo*, 193.
- Goh, C.B., Ching, C.B., et Tan, R. (1994) «Risk analysis for the road transportation of hazardous chemicals in Singapore - a methodology», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 8 (1): 35-39.
- Goldblatt, R.B., et Weinisch, K. (2005) «Evacuation planning, human factors, and traffic engineering. Developing systems for training and effective response», *TR News*, 235 (mai-juin) : 13-17.
- Gouvernement du Québec (2003) «Loi sur la Sécurité civile», L.R.Q., chapitre S-2.3. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- Gouvernement du Québec. (2002) «Règlement sur le transport des matières dangereuses», C-24.2, r.4.2.1, Éditeur officiel du Québec, Québec.

- Gouvernement du Québec (1981) «Règlement sur le plan municipal de prévention des sinistres et de mesures d'urgence», R.R.Q., 1981, c. P-38.1, r.2. Éditeur officiel du Québec, Québec.
- Greene, R.W. (2002) «Confronting catastrophe: a GIS handbook» ESRI, Redlands, Californie, 139 p.
- Horton, D.K., Berkowitz, Z., Haugh, G.S., Orr, M.F., et Kaye, W.E. (2003) «Acute public health consequences associated with hazardous substances released during transit, 1993-2000.», *Journal of Hazardous Materials*, B98 : 161-175.
- Hwang, S.T., Brown, D.F., O'Steen, J.K., Policastro, A.J., et Dunn, W.E. (2001) «Risk assessment for national transportation of selected hazardous materials», *Transportation Research Record*, No. 1763 : 114-124.
- Jetter, J.J., et Whitfield, C. (2005) «Effectiveness of expedient sheltering in place in a residence», *Journal of Hazardous Materials*, A119 : 31-40.
- Lassarre, S., Fedra, K., et Weigkricht, E. (1993) «Computer-assisted routing of dangerous goods for Haute-Normandie», *Journal of transportation engineering*, 119(2) : 200-211.
- Leduc, R. (1998) «Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique», Direction du milieu atmosphérique, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 35 p.
- Lepofsky, M., Abkowitz, M., et Chen, P. (1993) «Transportation hazard analysis in integrated GIS environment», *Journal of transportation engineering*, 119(2) : 239-254.
- Leroux, D., et Beaudoin, M. (2002) «Le transport routier des matières dangereuses en Montérégie, L'enquête origine-destination», Université du Québec à Trois-Rivières et Ministère des Transports du Québec (D. Ouest-de-la-Montérégie), Trois-Rivières, 75 p.
- Lovett, A.A., Parfitt, J.P., et Brainard, J.S. (1997) «Using GIS in risk analysis : a case study of hazardous waste transport», *Risk Analysis*, 17(5) : 625-633.
- Nicolet, R., prés., (1999) «Pour affronter l'imprévisible : les enseignements du verglas de 98 : rapport de la Commission scientifique et technique chargée d'analyser les événements relatifs à la tempête de verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998», Les Publications du Québec, Gouvernement du Québec, pp. 131-168.
- National Institute for Occupational Safety and Health (2006), Uniform Resource Locator <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>

- Milazzo, M.F., Lisi, R., Maschio, G., Antonioni, G., Bonvicini, S., et Spadoni, G. (2002) «HazMat transport through Messina town: from risk analysis suggestions for improving territorial safety, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15 : 347-356.
- Ministère de la Sécurité Publique (1997) «Pour planifier la réponse au sinistre. Guide à l'intention des municipalités pour l'élaboration d'un plan de mesures d'urgence en cas de sinistre», Direction générale de la sécurité et de la prévention, Direction de la sécurité civile et des régions, Gouvernement du Québec, Québec, pp. 55-66
- Ministère de la Sécurité Publique (1998) «La sécurité civile au Québec, manuel de base», Direction générale de la sécurité civile, Service de la formation, Gouvernement du Québec, Sainte-Foy, 135 p.
- Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (2006) «Clientèle jeune au 30 septembre 2005 par école (secteur public), selon l'ordre d'enseignement et le degré d'enseignement en 2005-2006», Gouvernement du Québec, Uniform Resource Locator [http://www.mels.gouv.qc.ca/stat/Stat\\_det/PPS\\_eff.htm](http://www.mels.gouv.qc.ca/stat/Stat_det/PPS_eff.htm)
- Ministère des Transports du Québec (2004) «Classification des sites potentiellement accidentogènes, Rapport final», Direction territoriale de l'Ouest-de-la-Montérégie, Service des inventaires et du plan, Châteauguay, 25 p.
- Ministère des Transports du Québec (2003) «Les déplacements interurbains de véhicules lourds au Québec: Enquête sur le camionnage de 1999» Direction des communications du Ministère des Transports du Québec, Gouvernement du Québec, Québec, 147 p.
- Provencher, M. (2004) «Mouvement et manutention des marchandises dangereuses au Canada en 2002», Direction générale du transport des marchandises dangereuses, Transport Canada, Ottawa, 45 p.
- Puderer, H. (2001) «Présentation de l'aire de diffusion pour le recensement de 2001: une mise à jour», Série de documents de travail de la géographie N° 2000-4, Division de la géographie, Statistique Canada, Ottawa, 17 p.
- Saccomanno, F., et Shortreed, J.H. (1993) «Hazmat transport risks: societal and individual perspectives. *Journal of transportation engineering*», 119(2) : 177-188.
- Service météorologique du Canada (2004) «Normales climatiques au Canada 1971-2000», Environnement Canada, Uniform Resource Locator [www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate\\_normals](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals)
- Sorensen, J.H., Shumpert, B.L., et Vogt, B.M. (2004) «Planning for protective action decision making : evacuate or shelter-in-place», *Journal of Hazardous Materials*, A109 : 1-11.

- Statistique Canada (2002), «Recensement 2001» [ressource électronique], Ottawa.
- Théberge, M.-C. (2002) «Analyse de risques d'accidents technologiques majeurs», Direction des évaluations environnementales, Ministère de l'Environnement, Québec, 44 p.
- Transport Canada (2002) «Système d'information sur les accidents impliquant des matières dangereuses (SIAMD-DGAIS) 1988-2002», Ottawa, [base de données électronique].
- Union des municipalités du Québec (2001) «Mémoire présenté à la Commission des institutions sur le projet de loi 173, Loi sur la sécurité civile», le 6 février 2001 [version électronique].
- U.S. Environmental Protection Agency et National Oceanic and Atmospheric Administration (1999) «ALOHA user's manual», Washington, 187 p.
- U.S. Environmental Protection Agency et National Oceanic and Atmospheric Administration (1999) «ALOHA student workbook», Washington.
- Verter, V., et Kara, B.Y. (2001) «A GIS-based framework for hazardous materials transport risk assessment», *Risk Analysis*, 21(6) : 1109-1120.
- Welles, W.L., Wilburn, R.E., Ehrlich, J.K., et Floridia, C.M. (2004) «New York hazardous substances emergency events surveillance : learning from hazardous substance releases to improve safety», *Journal of Hazardous Materials*, 115 : 39-49.
- Yuan, Y., Smith, R.M., et Limp, W.F. (1997) «Remodeling census population with spatial information from Landsat TM imagery», *Comput., Environ. and urban systems*, 21(3/4) : 245-258.
- Zhang, J., Hodgson, J., et Erkut, E. (2000) «Using GIS to assess the risk of hazardous materials transport in networks», *European Journal of Operational Research*, 121 : 316-329.

## **ANNEXE A**

**NORMALES CLIMATIQUES 1971-2000  
STATION DE L'AÉROPORT INTERNATIONAL PIERRE-ELLIOT-TRUDEAU**

## IDENTIFICATION DE LA STATION

**Latitude:** 45° 28' N      **Longitude:** 73° 45' O      **Altitude:** 35,70 m  
**Identification Climat:** 7025250      **Identification OMM:** 71627      **Identification TC:** YUL

## NORMALES CLIMATIQUES MENSUELLES POUR LA STATION

<b>Température:</b>	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année	code
Moyenne quotidienne (°C)	-10.4	-8.9	-2.4	5.7	13.3	17.9	20.9	19.5	14.4	7.9	1.6	-6.6		A
Écart type	3.1	3	2.3	1.8	1.5	1	1	1.2	1.2	1.6	1.4	3.2		A
Maximum quotidien (°C)	-5.8	-4.3	2.1	10.7	18.9	23.3	26.3	24.7	19.5	12.5	5.3	-2.4		A
Minimum quotidien (°C)	-14.9	-13.4	-6.9	0.7	7.6	12.4	15.5	14.2	9.2	3.1	-2.2	-10.8		A
Maximum extrême (°C)	13.9	15	25.6	30	33.9	35	35.6	37.6	32.8	28.3	21.7	16.7		
Date (aaaa/jj)	1950/25	1981/22	1945/28	1990/27	1962/19	1964/30	1953/17+	1975/01	1953/04	1968/02	1948/06	1951/06		
Minimum extrême (°C)	-37.8	-33.9	-29.4	-15	-4.4	0.7	6.1	3.3	-2.2	-7.2	-19.4	-32.4		
Date (aaaa/jj)	1957/15	1943/15	1950/04	1954/04	1974/02	1986/03	1982/03	1957/28+	1951/30	1972/20	1949/27	1980/25		
<b>Précipitation:</b>														
Chutes de pluie (mm)	25.6	18.4	35.8	63	75.2	84.4	90.1	94.2	91.3	75.5	70.9	35.7		A
Chutes de neige (cm)	49.6	43.8	35	12.4	0.3	0	0	0	0	2	22.6	48.5		A
Précipitation (mm)	70.4	59.7	72.2	76.1	75.5	84.4	90.1	94.2	91.3	77.6	93	82.3		A
Moyenne couver. de neige (cm)	15	18	13	1	0	0	0	0	0	0	1	9		A
Médiane couver. de neige (cm)	15	19	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8		A
Couver. de neige, fin de mois (cm)	17	18	4	0	0	0	0	0	0	0	3	14		A
Extrême quot. de pluie (mm)	31	31.5	32	40.4	37.6	61.6	57.4	68.8	81.9	63.8	55.6	42.9		
Date (aaaa/jj)	1964/20	1961/25	1973/17	1991/21	1945/17	1987/08	1987/14	1952/21	1979/14	1989/20	1994/01	1957/26		
Extrême quot. de neige (cm)	32.8	39.4	43.2	31.2	21.8	0	0	0	6.1	21.2	30.5	37.8		
Date (aaaa/jj)	1979/21	1954/16	1971/04	1993/01	1963/10	1942/01+	1942/01+	1942/01+	1946/30	1988/22	1944/30	1969/27		
Extrême quot. de préc. (mm)	32.5	39.4	37.6	40.4	37.6	61.6	57.4	68.8	81.9	63.8	55.6	50.8		
Date (aaaa/jj)	1985/01	1954/16	1955/22	1991/21	1945/17	1987/08	1987/14	1952/21	1979/14	1989/20	1994/01	1942/30		
Extrême quot. couver. de neige (cm)	61	91	102	41	8	0	0	0	0	15	33	64		
Date (aaaa/jj)	1959/17+	1958/22+	1971/12	1971/01	1963/11	1955/01+	1955/01+	1955/01+	1955/01+	1962/29	1965/22	1970/24		

**Journées avec température maximale:**

<= 0 °C	23.2	20.2	10.8	0.58	0	0	0	0	0	0	4.9	18.5	A
> 0 °C	7.8	8.1	20.2	29.4	31	30	31	31	30	31	25.1	12.5	A
> 10 °C	0.04	0.24	3	15	29.7	30	31	31	29.7	20.5	5.7	0.46	A
> 20 °C	0	0	0.08	2.2	12.3	23.6	30	27.9	12.8	2.2	0.04	0	A
> 30 °C	0	0	0	0	0.67	1.3	3.4	1.9	0.29	0	0	0	A
> 35 °C	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	A

**Journées avec température minimale:**

> 0 °C	0.79	1.1	4.9	16.9	30.3	30	31	31	29.5	22.6	10.5	1.8	A
<= 2 °C	30.9	27.8	29.6	18.9	2.1	0.13	0	0	1.6	13.5	23.8	30.5	A
<= 0 °C	30.2	27.2	26.1	13.1	0.75	0	0	0	0.54	8.4	19.5	29.2	A
< -2 °	29.3	26.1	22.4	8.1	0.25	0	0	0	0	4	14.5	27.4	A
< -10 °C	22.9	18.8	9.3	0.29	0	0	0	0	0	0	2	15.6	A
< -20 °C	8.3	5	0.92	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	A
< -30 °C	0.38	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	A

**Journées avec pluie:**

>= 0.2 mm	4.2	4	7.3	11.4	13.1	13.5	11.8	12.8	12	12.9	11.7	6.2	A
>= 5 mm	1.4	1.1	2.3	4.4	4.7	5.1	5.3	5.5	5.3	4.9	4.7	2.5	A
>= 10 mm	1	0.56	1.1	2	2.6	2.9	2.9	3.2	3	2.2	2.5	1.2	A
>= 25 mm	0.16	0.04	0.12	0.26	0.33	0.5	0.92	0.63	0.92	0.38	0.38	0.08	A

**Journées avec neige:**

>= 0.2 cm	15.7	12	8.9	3.5	0.13	0	0	0	0	0.96	5.9	13.3	A
>= 5 cm	3.2	2.6	2.2	1	0	0	0	0	0	0.08	1.5	3.5	A
>= 10 cm	1.2	1	0.88	0.29	0	0	0	0	0	0.04	0.71	1.4	A
>= 25 cm	0.04	0.12	0.08	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0.04	A

**Journées avec précipitation:**

>= 0.2 mm	17	13.6	13.5	13	13.2	13.5	11.8	12.8	12	13.3	15.2	16.1	A
>= 5 mm	4.1	3.6	4.8	5.1	4.7	5.1	5.3	5.5	5.3	5	5.8	5.5	A
>= 10 mm	2.2	2	2.2	2.6	2.6	2.9	2.9	3.2	3	2.3	3.3	2.8	A
>= 25 mm	0.28	0.12	0.4	0.3	0.33	0.5	0.92	0.63	0.92	0.42	0.54	0.29	A

<b><u>Journées avec couv. de neige:</u></b>													
≥ 1 cm	28.7	26.5	22	4.2	0	0	0	0	0	0.04	6.4	22.7	A
≥ 5 cm	24.6	23.2	17.6	2.7	0	0	0	0	0	0	3.5	18.3	A
≥ 10	20.1	18.8	13.8	1.3	0	0	0	0	0	0	1.3	12.9	A
≥ 20	10.4	12	7.8	0.38	0	0	0	0	0	0	0.13	3.4	A
<b><u>Vent:</u></b>													
Vitesse horaire moyenne du vent	16.6	15.4	15.9	15.8	14.2	13.2	12.2	11.3	12.2	13.8	15.3	15.4	14.3 A
Direction dominante du vent	W	SW	N	N	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW A
Vitesse extrême du vent	90	80	74	70	72	66	58	55	61	72	76	72	
Date (aaaa/jj)	1959/22	1961/26	1971/04+	1977/03	1964/09	1972/22	1956/11	1965/06	1963/12	1979/06	1975/10	2000/18	
Vit. extrême des rafales de vent	117	138	161	106	103	111	126	105	97	117	113	103	
Date (aaaa/jj)	1959/22	1956/25	1964/05	1975/19	1956/14	1957/29	1975/02	1966/09	1956/06	1979/06	1989/16	1971/11+	
Direction des rafales de vent extrême	SW	SW	S	SW	SW	S	W	S	SW	SW	S	SW	S
Journées avec vitesse des rafales de vent ≥ 52 km/hr	2.5	1.2	1.6	1	0.8	0.5	0.7	0.4	0.3	0.9	1.7	2	13.5 C
Journées avec vitesse des rafales de vent ≥ 63 km/hr	0.6	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0.1	0.6	0.4	3.3 C
<b><u>Degrés-jours:</u></b>													
Au-dessus 24 °C	0	0	0	0	0.1	1.7	6.4	3.3	0.5	0	0	0	A
Au-dessus 18 °C	0	0	0	0.5	10.5	42.2	97.5	70.1	14.1	0.5	0	0	A
Au-dessus 15 °C	0	0	0	2.6	32.2	99.8	182.8	143.9	40.9	3.1	0	0	A
Au-dessus 10 °C	0	0	0.5	17.2	117.1	237	337	294.7	139	29.1	2.5	0	A
Au-dessus 5 °C	0.2	0.9	6.9	69.2	257	386.4	492	449.6	280.9	107.8	22.2	0.7	A
Au-dessus 0 °C	4.6	7.5	42.8	179.5	411.1	536.4	647	604.6	430.7	244	86.9	11.8	A
Au-dessous 0 °C	331.1	257.4	117.5	7.8	0	0	0	0	0	0.6	40	217.7	A
Au-dessous 5 °C	481.6	392	236.6	47.4	0.9	0	0	0	0.2	19.4	125.3	361.6	A
Au-dessous 10 °C	636.5	532.3	385.2	145.4	16	0.7	0	0.1	8.3	95.7	255.6	515.9	A
Au-dessous 15 °C	791.5	673.5	539.7	280.9	86.1	13.5	0.8	4.3	60.2	224.7	403.1	670.9	A
Au-dessous 18 °C	884.5	758.2	632.7	368.8	157.4	45.9	8.5	23.5	123.4	315.1	493.1	763.9	A
<b><u>Insolation Effective:</u></b>													
Total d'heures	101.6	123.9	158.9	173.3	229.7	245.5	274.3	240.5	174.6	140	86.1	80.2	A
Journées avec	21.3	21.9	24.9	25.3	28.4	28.2	30.2	29.4	26.6	26.2	20.9	20.3	A
% d'heures d'ensoleillement probable	35.8	42.4	43.1	42.8	49.8	52.4	57.9	55	46.3	41.1	30	29.5	A
Extrême quotidien	9.1	10.7	11.8	13.5	14.4	14.9	14.8	14.2	12.7	10.9	9.8	8.5	A
Date (aaaa/jj)	1972/31+	1978/28	1971/31+	1982/30	1990/25+	1987/06	1994/11	1987/01	1986/01+	1983/10	1987/02	1980/04+	



**Humidex:**

Indice humidex extrême	13.5	14.7	23.2	33.8	38.7	45	45.8	46.8	42.8	33.5	24.6	18.1	
Date (aaaa/jj)	1996/19	1981/22	1977/30	2002/16	1975/23	1953/21	2002/02	1975/01	1953/04	1967/03	1971/02	1982/04	
Journées avec humidex $\geq 30$	0	0	0	0.1	2.1	8.5	17	13.3	3.7	0.1	0	0	44.7 A
Journées avec humidex $\geq 35$	0	0	0	0	0.5	2.4	6	3.9	0.7	0	0	0	13.5 A
Journées avec humidex $\geq 40$	0	0	0	0	0	0.3	1.2	0.6	0.1	0	0	0	2.1 A

**Refroidissement éolien:**

Refroidissement éolien extrême	-49.1	-46	-37.8	-26.3	-9.9	-1.9	4.2	1.5	-4.8	-10.9	-30.7	-46	
Date (aaaa/jj)	1976/23	1967/12	1989/07	1995/05	1978/01	1980/09	1982/01	1986/29	2000/28	1976/26	1958/30	1980/25	
Journées avec refroidissement éolien $< -20$	17.7	13.4	5.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0.3	10.4	47.1 A
Journées avec refroidissement éolien $< -30$	6.2	2.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	11.5 A
Journées avec refroidissement éolien $< -40$	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.9 A

**Humidité:**

Pression de vapeur moyenne (kPa)	0.3	0.3	0.4	0.6	1	1.5	1.8	1.7	1.3	0.9	0.6	0.3	0.9 A
Humidité relative moyenne - 0600LST (%)	73.9	73.7	74.8	75	75.2	78.9	81.9	86.2	87.3	83.6	80.9	78.2	79.1 A
Humidité relative moyenne - 1500LST (%)	68.1	64	61	54	52	56.2	56.3	58.2	61.5	62.1	68.7	71	61.1 A

**Pression:**

Pression moyenne à la station (kPa)	101.2	101.3	101.1	100.9	100.9	100.9	100.9	101.1	101.2	101.3	101.2	101.3	101.1 A
Pression moyenne au niveau de la mer (kPa)	101.6	101.7	101.6	101.4	101.4	101.3	101.3	101.5	101.6	101.7	101.6	101.7	101.5 A

**Rayonnement:**

Global extrême (RF1)	11.2	16.8	22.9	27.7	31.1	31.7	30.5	27.3	23.4	17.7	11.9	8.3	
Date (aaaa/jj)	1994/31	1992/29	1994/30	1992/26	1997/27	1994/10	1993/01	1995/08	1992/02	1995/01	1993/02	1989/01	
Diffus extrême (RF2)	6	8.6	13	14.5	13.7	14.5	15	12.6	10.7	8.1	5.2	4.3	
Date (aaaa/jj)	1993/29	1990/25	1998/23	1989/24	1997/29	1992/05	1993/05	1989/11	1990/21	1993/05	1990/13	1992/27	

**Visibilité (heures avec):**

< 1 km	8.7	9.3	9.6	5.4	1.7	1.2	0.4	1.4	2.7	5.8	6.7	9.6	A
1 à 9 km	162.2	124	107.2	61.1	43.4	56.4	56.6	75.5	66.7	69.8	114.9	155.2	A
> 9 km	573.1	544.3	627.2	653.5	698.9	662.4	687	667	650.6	668.4	598.4	579.2	A

<b><u>Nébulosité (heures avec):</u></b>													
<b>0 à 2 dixièmes</b>	188	194.7	217.3	184	189.8	189.4	209.8	210.2	198.7	190.8	125.8	162.5	A
<b>3 à 7 dixièmes</b>	98.2	96.9	103.8	120.7	152.1	184.4	208.5	201.3	160.1	130	101	92.9	A
<b>8 à 10 dixièmes</b>	457.9	386	423	415.4	402.1	346.2	325.7	332.5	361.2	423.3	493.2	488.7	A

SOURCE : Service météorologique du Canada, Environnement Canada, disponible en ligne au  
[www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate\\_normals](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals)

## **ANNEXE B**

### **MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE : RÉSULTATS OBTENUS AVEC ALOHA 5.4**

B.1	Déversement d'ammoniac à partir d'un trou dans des conditions estivales .....	72
B.2	Déversement d'ammoniac à partir d'une valve dans des conditions estivales ....	73
B.3	Déversement d'ammoniac à partir d'un trou dans des conditions hivernales .....	74
B.4	Déversement d'ammoniac à partir d'une valve dans des conditions hivernales .....	75
B.5	Déversement d'ammoniaque en solution dans des conditions estivales .....	76
B.6	Déversement de méthanol dans des conditions estivales .....	77
B.7	Déversement de peroxyde d'hydrogène dans des conditions estivales .....	78
B.8	Déversement de propane à partir d'un trou dans des conditions estivales .....	79
B.9	Déversement de propane à partir d'une valve dans des conditions estivales .....	80
B.10	Déversement de propane à partir d'un trou dans des conditions hivernales .....	81
B.11	Déversement de propane à partir d'une valve dans des conditions hivernales ....	82

## DÉVERSEMENT D'AMMONIAC À PARTIR D'UN TROU DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

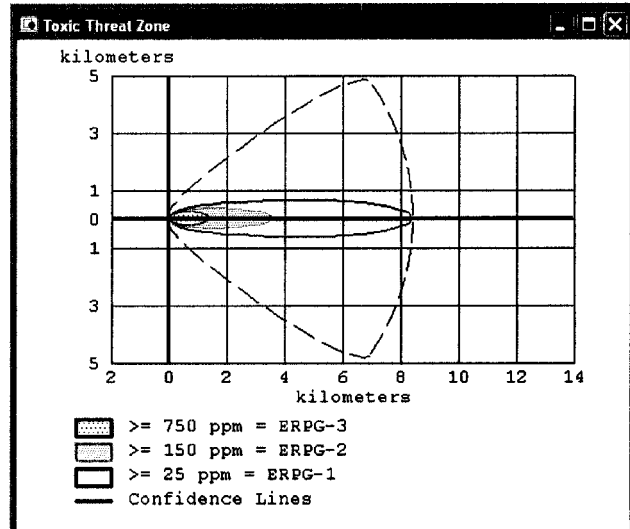
Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
Ambient Boiling Point: -33.5° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 56%

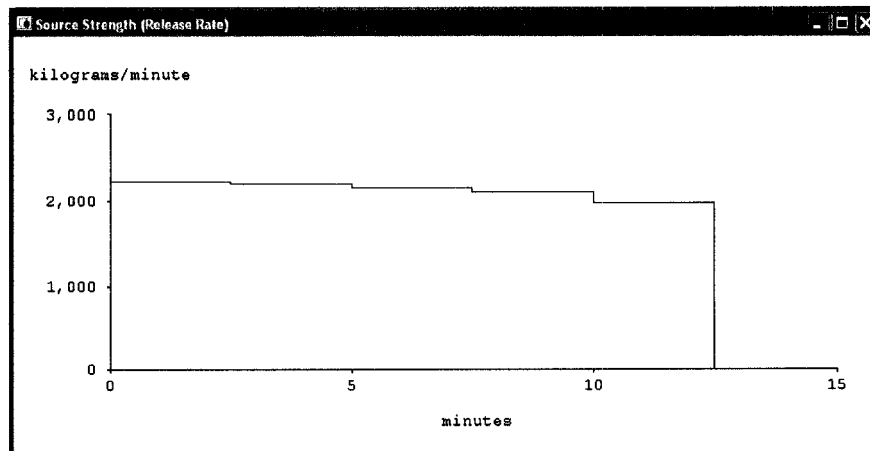
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
Tank Volume: 43500 liters  
Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
Chemical Mass in Tank: 29.2 tons Tank is 100% full  
Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
Opening is 0 meters from tank bottom  
Release Duration: 12 minutes  
Max Average Sustained Release Rate: 2,210 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 26,490 kilograms  
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
Red : 1.4 kilometers — (750 ppm = ERPG-3)  
Orange: 3.6 kilometers — (150 ppm = ERPG-2)  
Yellow: 8.4 kilometers — (25 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT D'AMMONIAC À PARTIR D'UNE VALVE DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
 Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

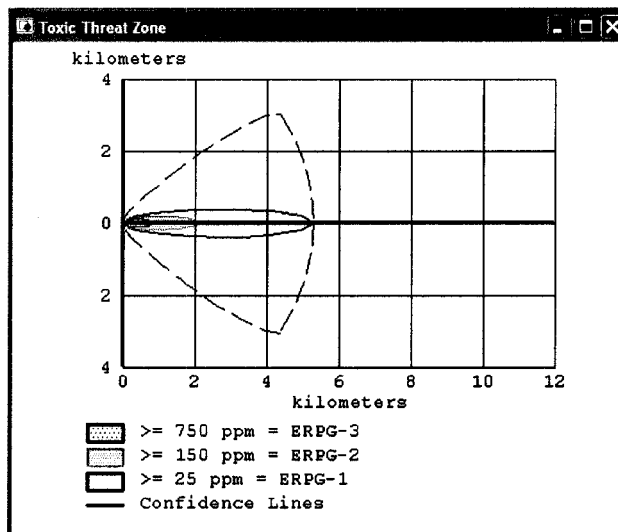
Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
 ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
 IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -33.5° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 56%

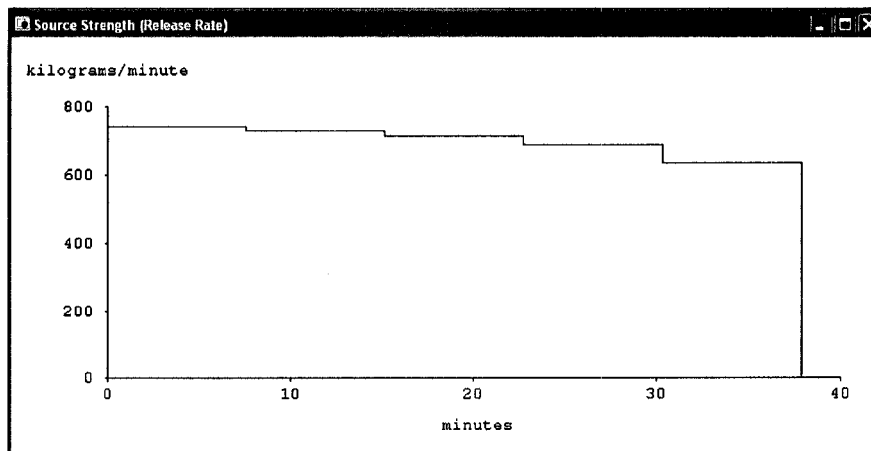
### SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
 Chemical Mass in Tank: 29.2 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: 38 minutes  
 Max Average Sustained Release Rate: 740 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 26,490 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 803 meters — (750 ppm = ERPG-3)  
 Orange: 2.1 kilometers — (150 ppm = ERPG-2)  
 Yellow: 5.3 kilometers — (25 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT D'AMMONIAC À PARTIR D'UN TROU DANS DES CONDITIONS HIVERNALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (sheltered double storied)  
 Time: January 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

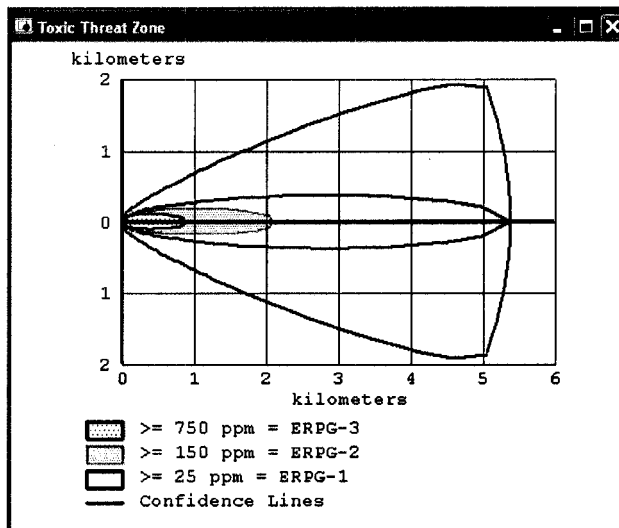
Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
 ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
 IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -33.5° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4.6 meters/second from w at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: -10.4° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 68%

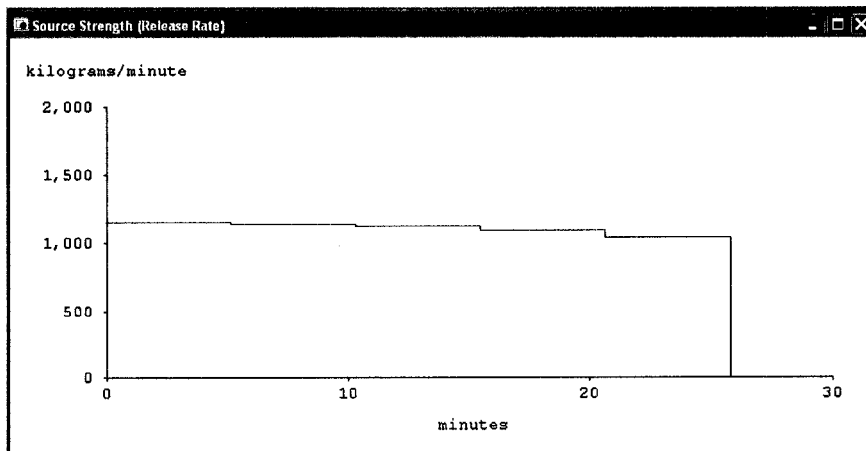
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: -10.4° C  
 Chemical Mass in Tank: 31.3 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: 26 minutes  
 Max Average Sustained Release Rate: 1,140 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 28,395 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 860 meters — (750 ppm = ERPG-3)  
 Orange: 2.1 kilometers — (150 ppm = ERPG-2)  
 Yellow: 5.4 kilometers — (25 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT D'AMMONIAC À PARTIR D'UNE VALVE DANS DES CONDITIONS HIVERNALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (sheltered double storied)  
 Time: January 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

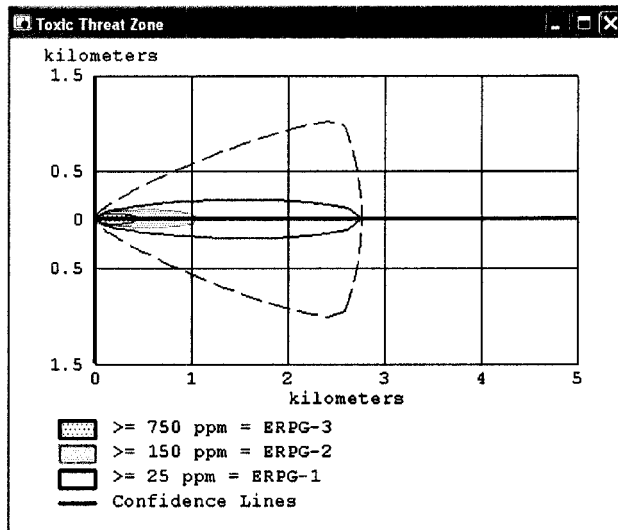
Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
 ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
 IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -33.5° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4.6 meters/second from w at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: -10.4° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 68%

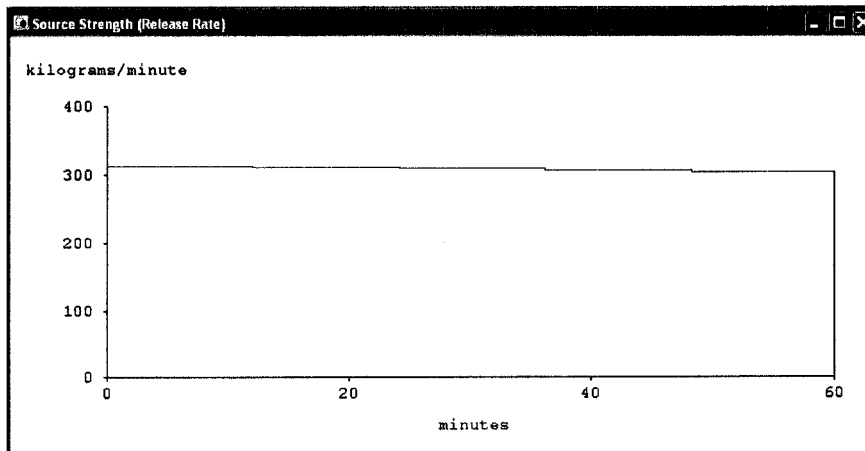
### SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: -10.4° C  
 Chemical Mass in Tank: 31.3 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
 Max Average Sustained Release Rate: 311 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 18,434 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 448 meters — (750 ppm = ERPG-3)  
 Orange: 1.1 kilometers — (150 ppm = ERPG-2)  
 Yellow: 2.8 kilometers — (25 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT D'AMMONIAQUE EN SOLUTION DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

RMP\*Comp Ver. 1.07  
Results of Consequence Analysis

Chemical: Ammonia (water solution) 24%  
CAS #: 7664-41-7  
Category: Toxic Liquid  
Scenario: Worst-case  
Quantity Released: 250 liters  
Liquid Temperature: 20.9 C

Mitigation Measures: NONE  
Release Rate to Outside Air: 7.12 pounds per minute  
Topography: Urban surroundings (many obstacles in the immediate area)  
Toxic Endpoint: 0.14 mg/L; basis: ERPG-2  
Estimated Distance to Toxic Endpoint: <0.1 miles (<0.16 kilometers); report as 0.1 mile

—Assumptions About This Scenario—  
Wind Speed: 1.5 meters/second (3.4 miles/hour)  
Stability Class: F  
Air Temperature: 77 degrees F (25 degrees C)

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
Ambient Boiling Point: -33.5° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

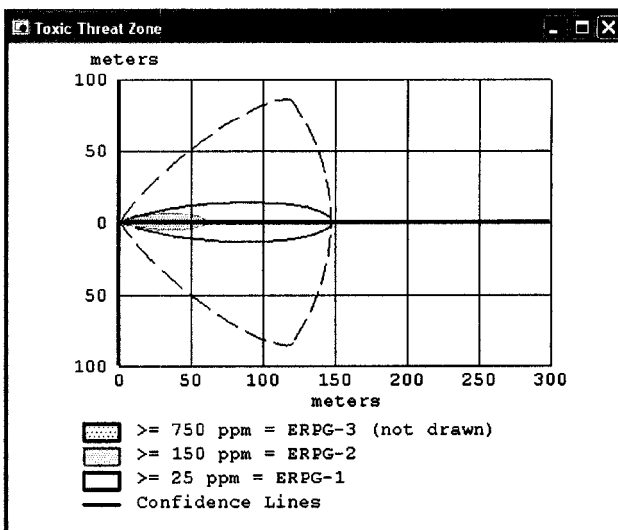
Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 56%

### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 7.12 pounds/min Source Height: 0  
Release Duration: 60 minutes  
Release Rate: 3.23 kilograms/min  
Total Amount Released: 194 kilograms  
Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

### THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
Red : 27 meters — (750 ppm = ERPG-3)  
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.  
Orange: 60 meters — (150 ppm = ERPG-2)  
Yellow: 147 meters — (25 ppm = ERPG-1)





## DÉVERSEMENT DE MÉTHANOL DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
 Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

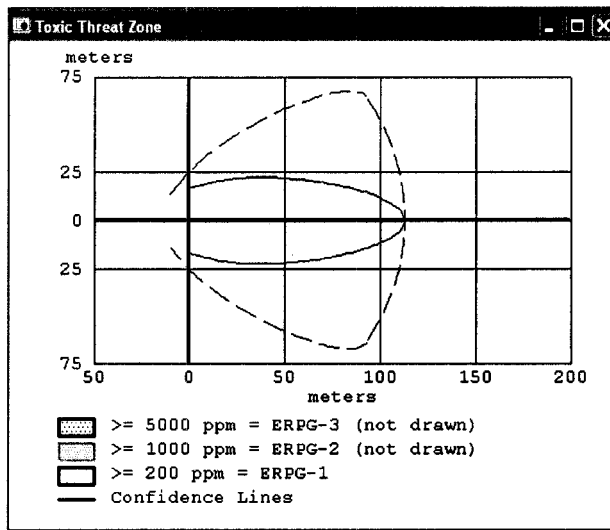
Chemical Name: METHANOL Molecular Weight: 32.04 g/mol  
 ERPG-1: 200 ppm ERPG-2: 1000 ppm ERPG-3: 5000 ppm  
 IDLH: 6000 ppm LEL: 73000 ppm UEL: 360000 ppm  
 Ambient Boiling Point: 64.7° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.13 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 133,964 ppm or 13.4%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 56%

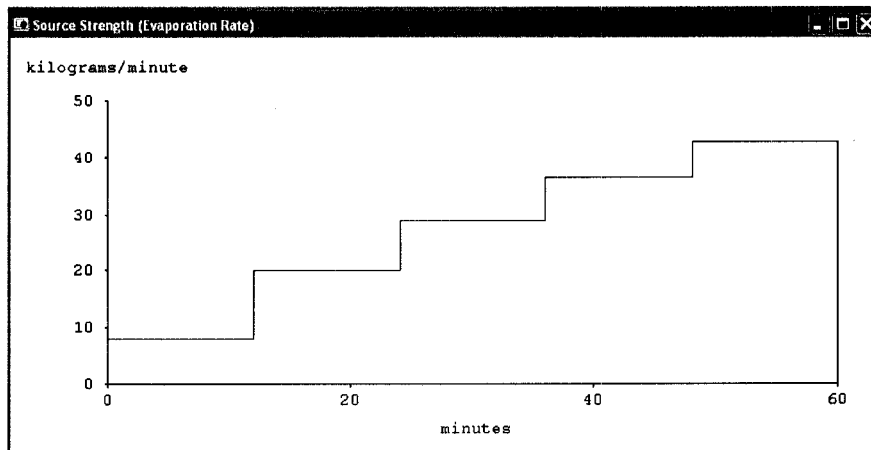
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.70 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 34000 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
 Chemical Mass in Tank: 29.7 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Ground Type: Default soil  
 Ground Temperature: equal to ambient  
 Max Puddle Diameter: Unknown  
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
 Max Average Sustained Release Rate: 42.6 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 1,623 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.  
 The puddle spread to a diameter of 35 meters.



### THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
 Red : 17 meters — (5000 ppm = ERPG-3)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Orange: 28 meters — (1000 ppm = ERPG-2)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Yellow: 113 meters — (200 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT DE PEROXYDE D'HYDROGÈNE DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
 Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

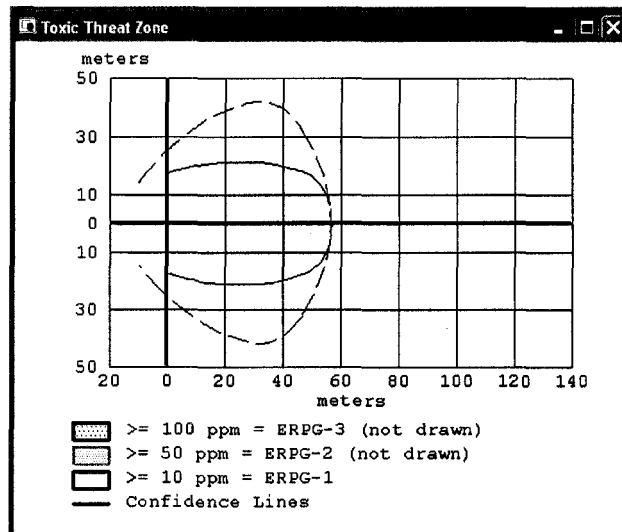
Chemical Name: HYDROGEN PEROXIDE Molecular Weight: 34.01 g/mol  
 ERPG-1: 10 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 100 ppm  
 IDLH: 75 ppm  
 Carcinogenic risk - see CAMEO  
 Ambient Boiling Point: 150.2° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0019 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,912 ppm or 0.19%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 56%

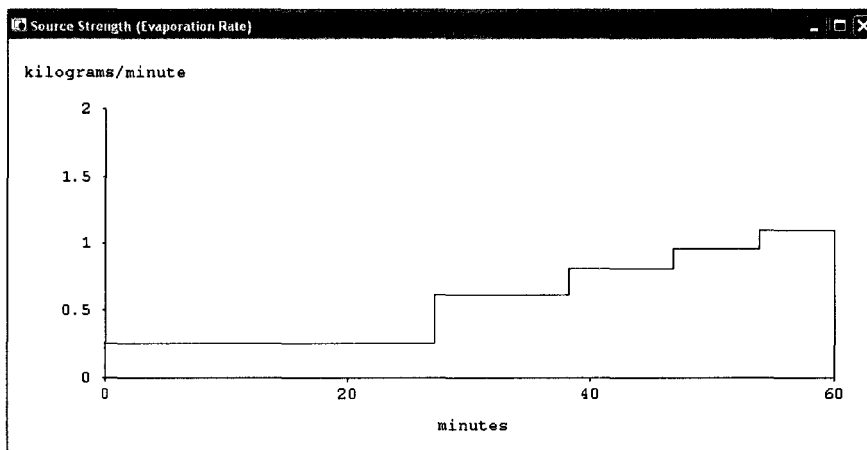
### SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Non-flammable chemical is escaping from tank  
 Tank Diameter: 1.39 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 22700 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
 Chemical Mass in Tank: 36.2 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Ground Type: Default soil  
 Ground Temperature: equal to ambient  
 Max Puddle Diameter: Unknown  
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
 Max Average Sustained Release Rate: 1.09 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 33.9 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.  
 The puddle spread to a diameter of 36 meters.



### THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
 Red : 17 meters --- (100 ppm = ERPG-3)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Orange: 19 meters --- (50 ppm = ERPG-2)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Yellow: 57 meters --- (10 ppm = ERPG-1)



## DÉVERSEMENT DE PROPANE À PARTIR D'UN TROU DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
 Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

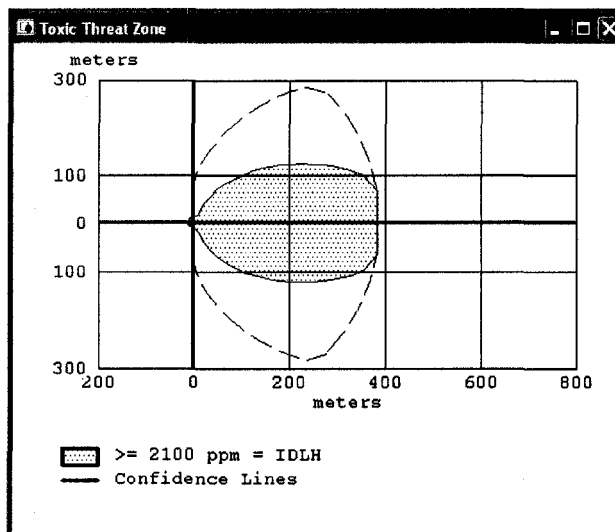
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol  
 TEEL-1: 2100 ppm TEEL-2: 2100 ppm TEEL-3: 2100 ppm  
 IDLH: 2100 ppm LEL: 20000 ppm UEL: 95000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -42.2° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 56%

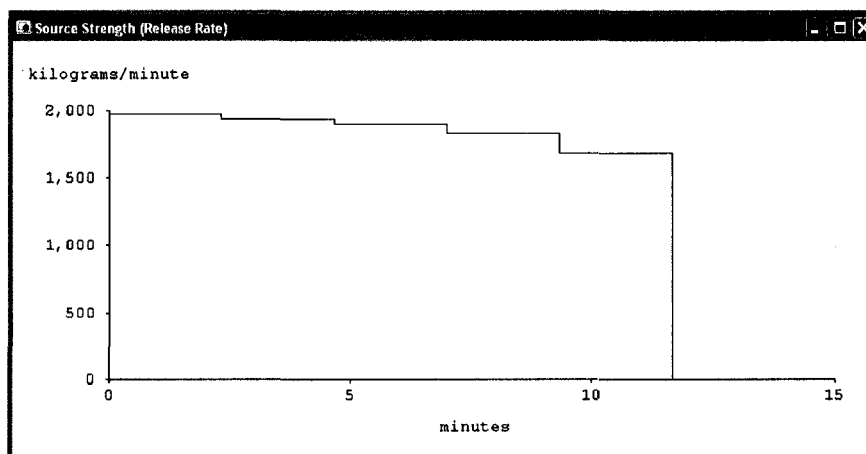
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
 Chemical Mass in Tank: 23.9 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: 12 minutes  
 Max Average Sustained Release Rate: 1,970 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 21,682 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 383 meters --- (2100 ppm = IDLH)



## DÉVERSEMENT DE PROPANE À PARTIR D'UNE VALVE DANS DES CONDITIONS ESTIVALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.22 (sheltered double storied)  
 Time: July 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

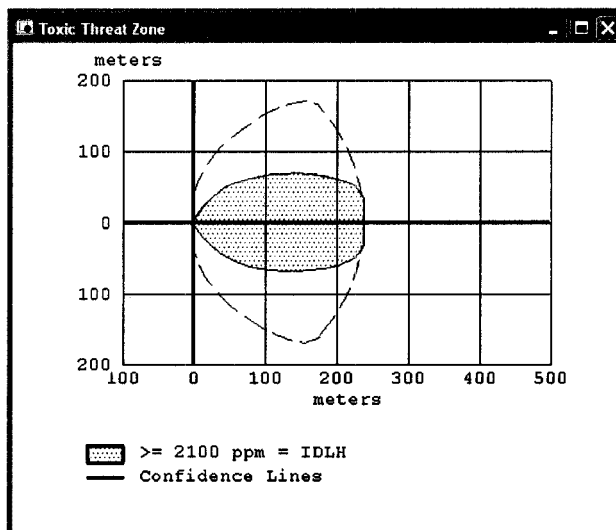
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol  
 TEEL-1: 2100 ppm TEEL-2: 2100 ppm TEEL-3: 2100 ppm  
 IDLH: 2100 ppm LEL: 20000 ppm UEL: 95000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -42.2° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.4 meters/second from sw at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: 20.9° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 56%

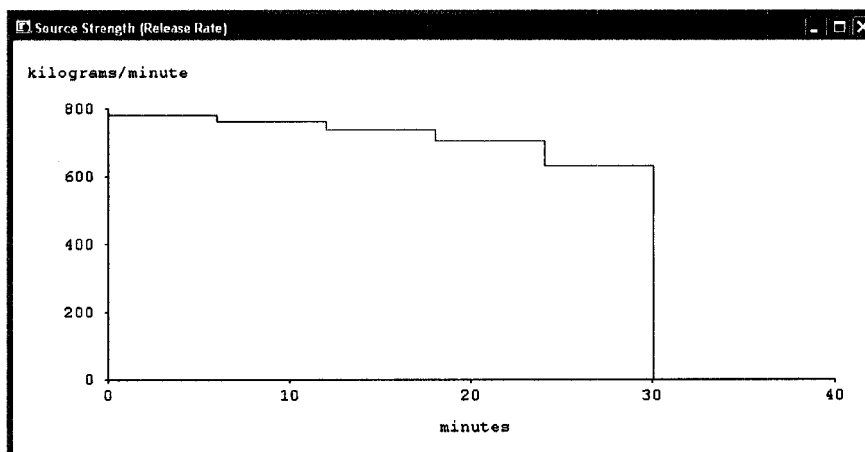
### SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 20.9° C  
 Chemical Mass in Tank: 23.9 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: 30 minutes  
 Max Average Sustained Release Rate: 777 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 21,682 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 237 meters — (2100 ppm = IDLH)



## DÉVERSEMENT DE PROPANE À PARTIR D'UN TROU DANS DES CONDITIONS HIVERNALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (sheltered double storied)  
 Time: January 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

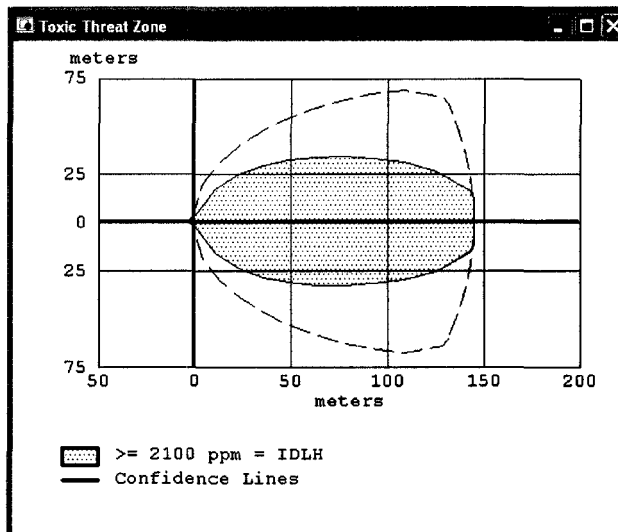
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol  
 TEEL-1: 2100 ppm TEEL-2: 2100 ppm TEEL-3: 2100 ppm  
 IDLH: 2100 ppm LEL: 20000 ppm UEL: 95000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -42.2° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4.6 meters/second from w at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: -10.4° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 68%

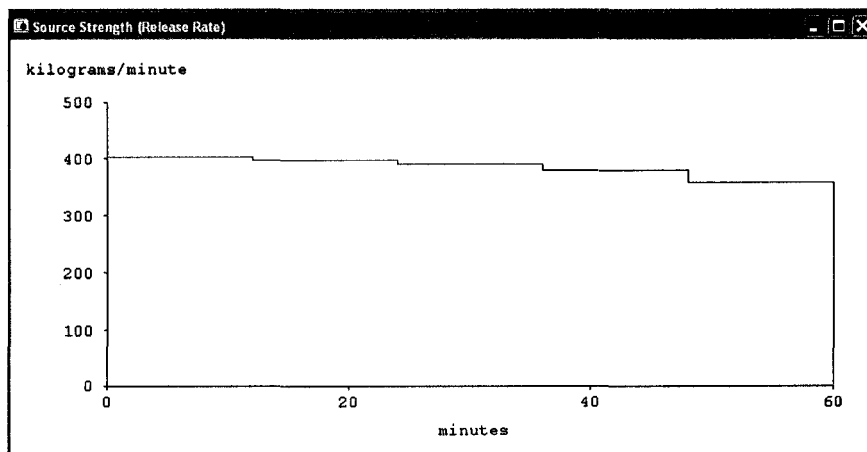
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: -10.4° C  
 Chemical Mass in Tank: 26.0 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: 21 minutes  
 Max Average Sustained Release Rate: 1,170 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 23,587 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 246 meters — (2100 ppm = IDLH)



## DÉVERSEMENT DE PROPANE À PARTIR D'UNE VALVE DANS DES CONDITIONS HIVERNALES

### SITE DATA:

Location: CHATEAUGUAY, CANADA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (sheltered double storied)  
 Time: January 15, 2006 1200 hours ST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

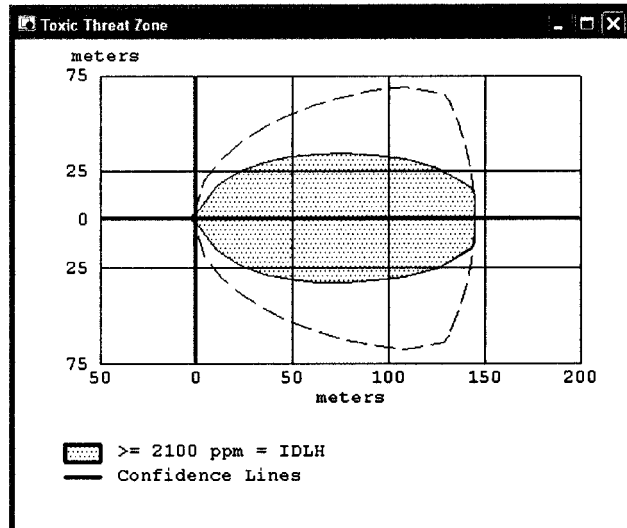
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol  
 TEEL-1: 2100 ppm TEEL-2: 2100 ppm TEEL-3: 2100 ppm  
 IDLH: 2100 ppm LEL: 20000 ppm UEL: 95000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -42.2° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4.6 meters/second from w at 10 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 8 tenths  
 Air Temperature: -10.4° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 68%

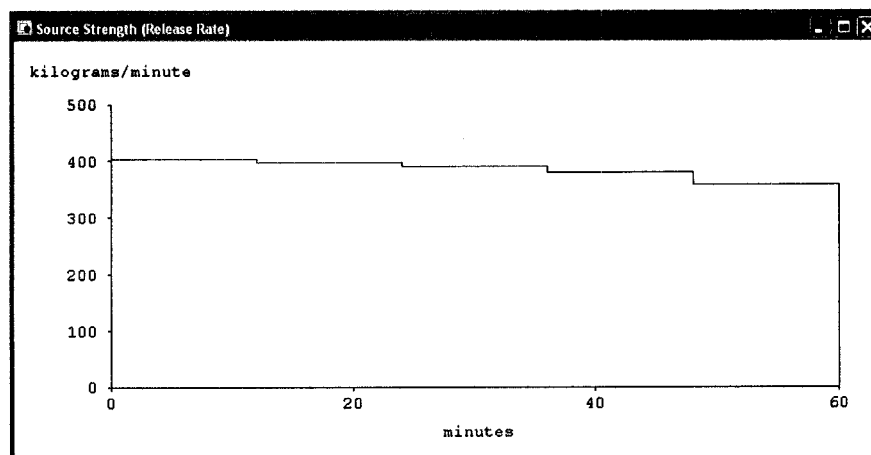
### SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
 Tank Diameter: 1.92 meters Tank Length: 15 meters  
 Tank Volume: 43500 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: -10.4° C  
 Chemical Mass in Tank: 26.0 tons Tank is 100% full  
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
 Max Average Sustained Release Rate: 403 kilograms/min  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 23,093 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
 Red : 145 meters — (2100 ppm = IDLH)



## **ANNEXE C**

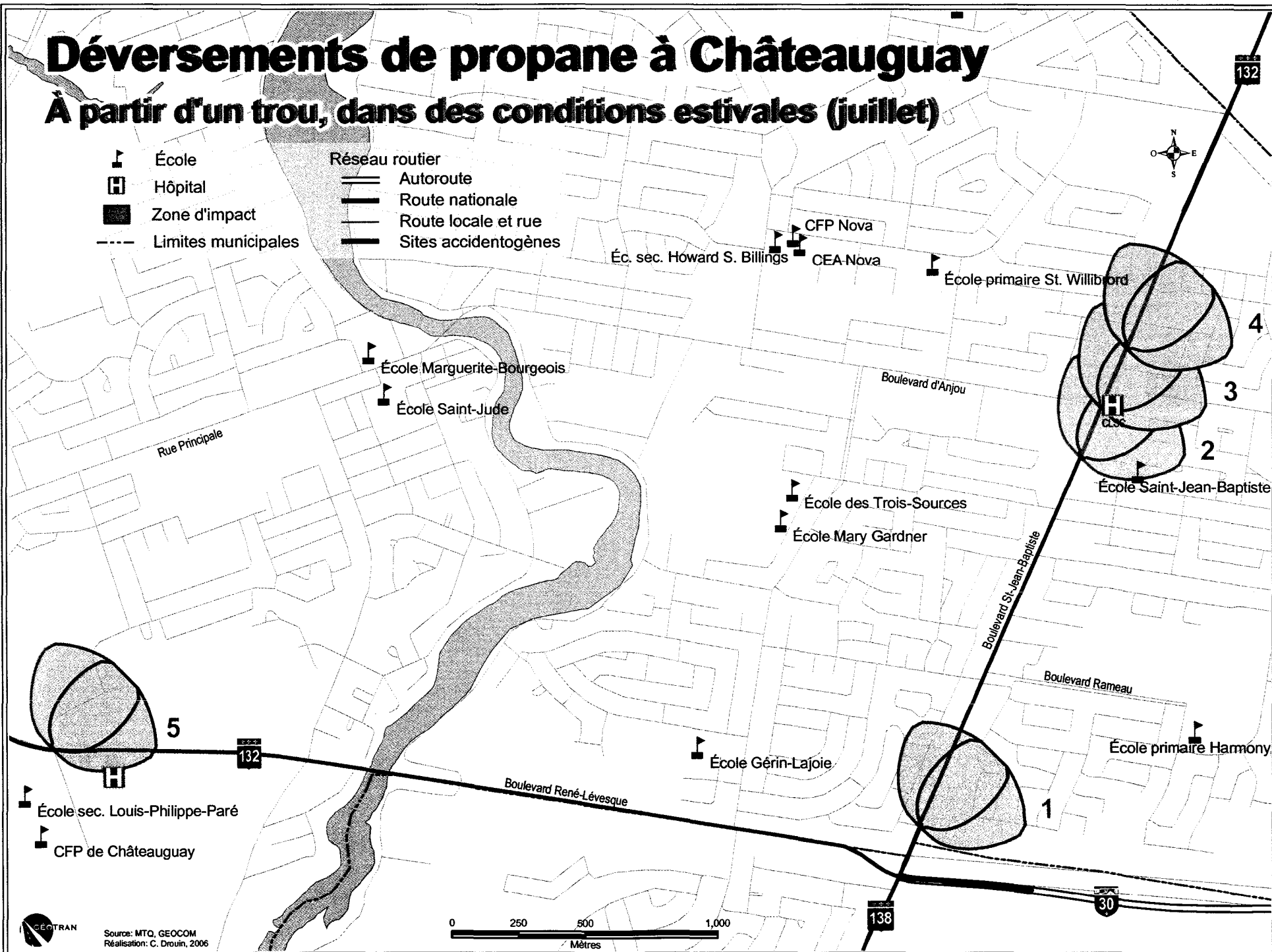
### **AUTRES CARTES ILLUSTRANT LES SCÉNARIOS RÉALISÉS POUR CHÂTEAUGUAY**

C.1	Déversements de propane à partir d'un trou dans des conditions estivales .....	84
C.2	Déversements de propane à partir d'un trou dans des conditions hivernales .....	85
C.3	Déversements de propane à partir d'une valve dans des conditions estivales .....	86
C.4	Déversements de propane à partir d'une valve dans des conditions hivernales ...	87

# Déversements de propane à Châteauguay

## À partir d'un trou, dans des conditions estivales (juillet)

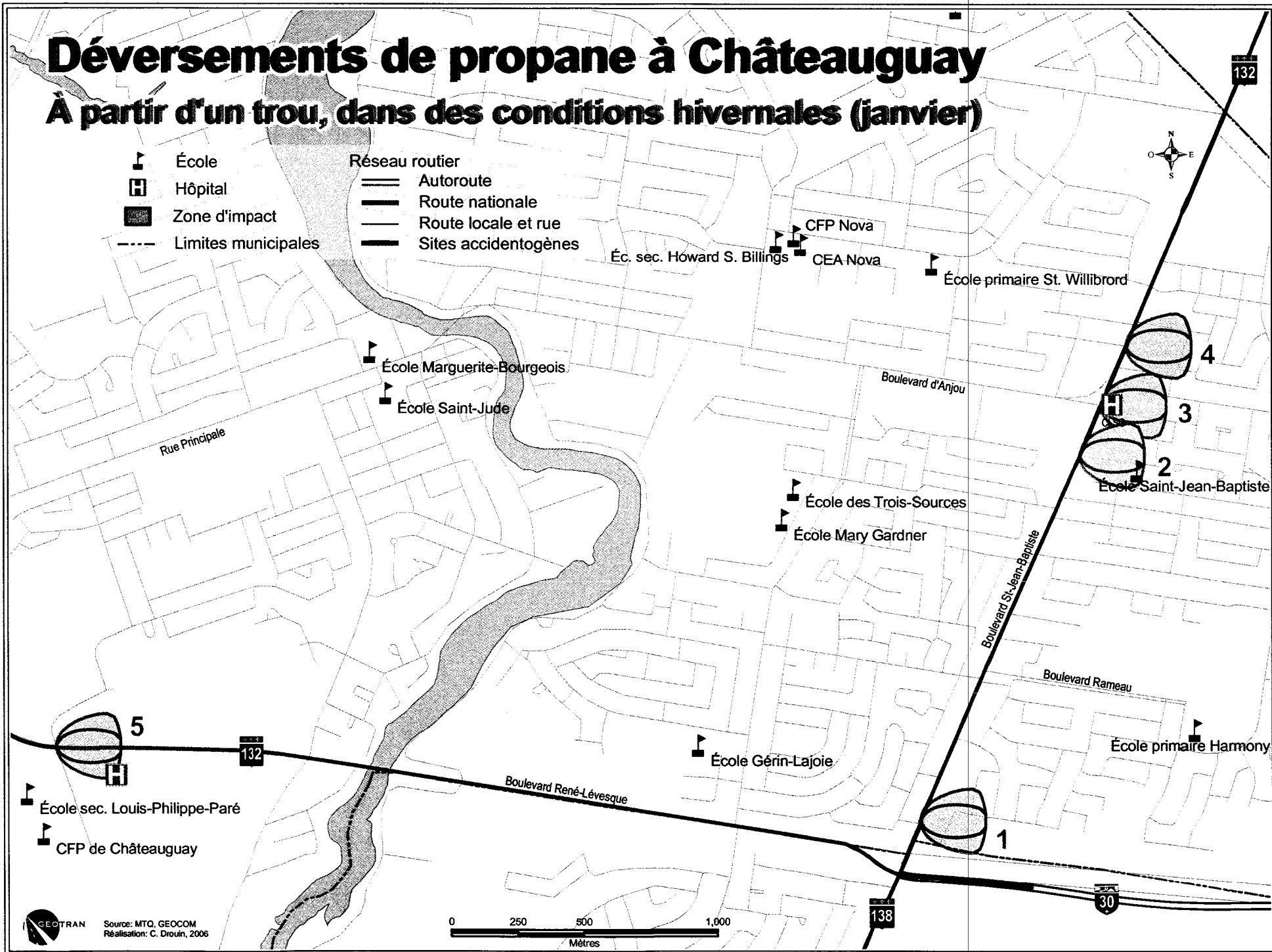
- École
  - Hôpital
  - Zone d'impact
  - Limites municipales
- Réseau routier
- Autoroute
  - Route nationale
  - Route locale et rue
  - Sites accidentogènes





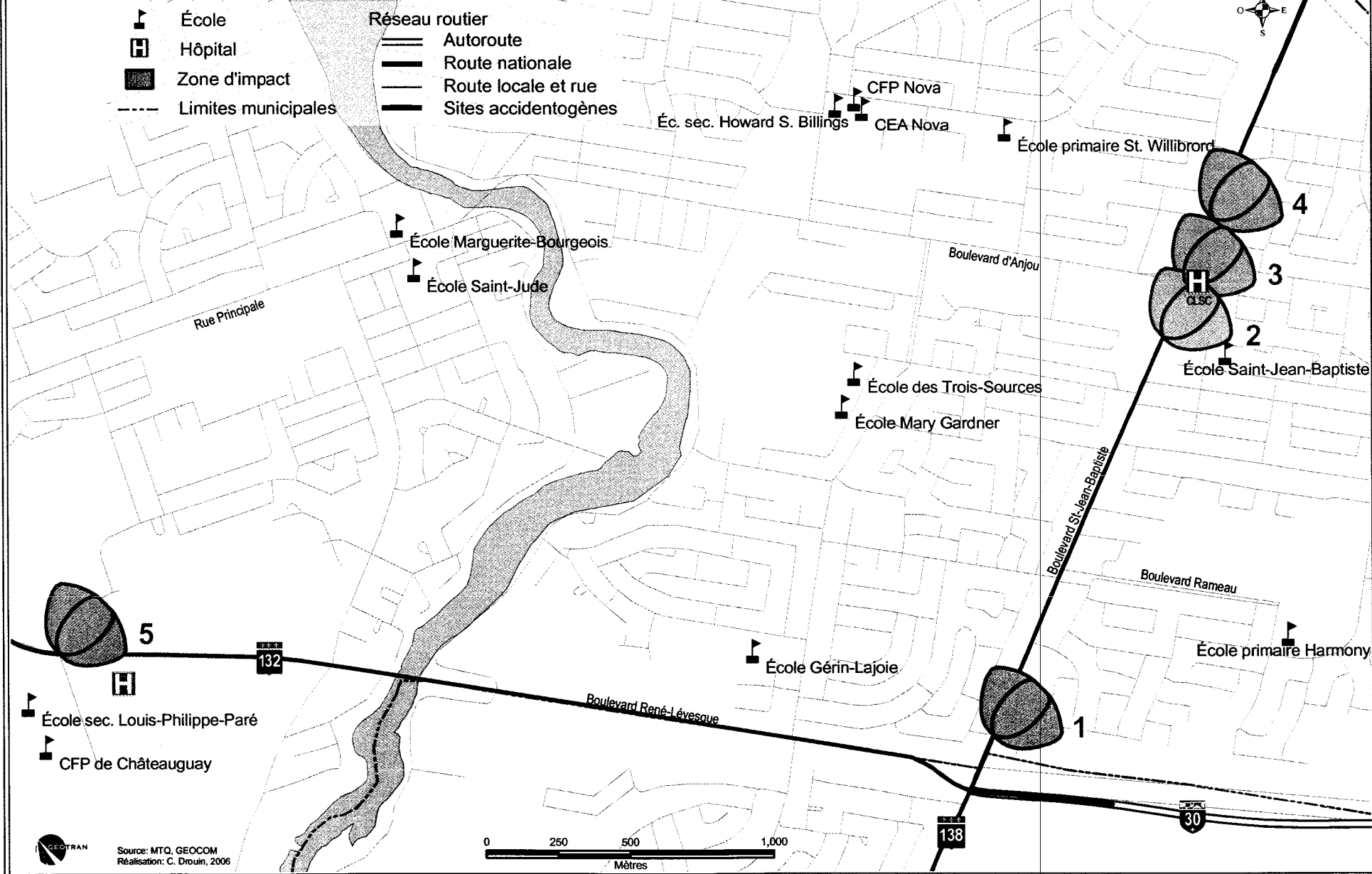
# Déversements de propane à Châteauguay

## À partir d'un trou, dans des conditions hivernales (janvier)











# Déversements de propane à Châteauguay

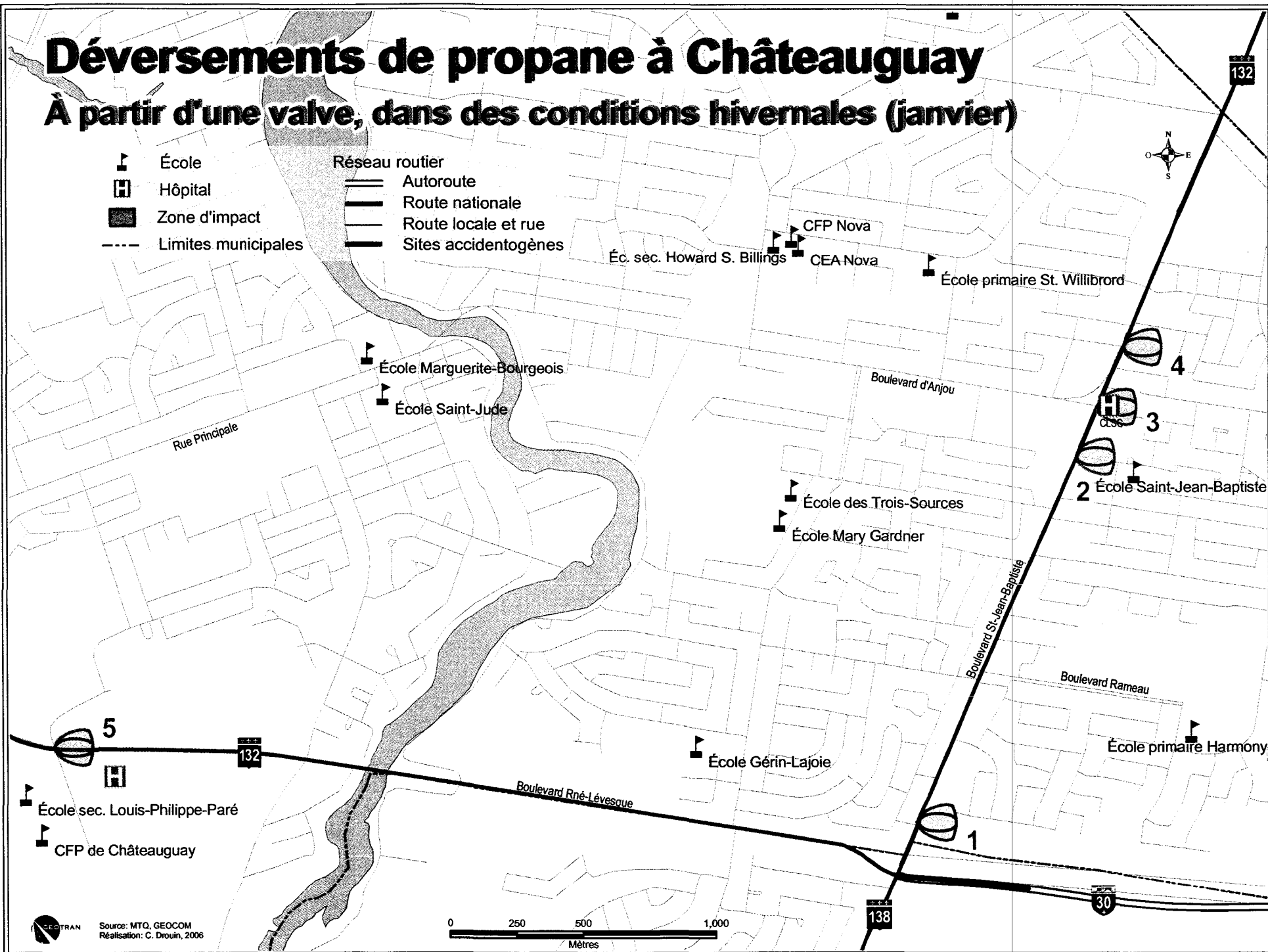
## À partir d'une valve, dans des conditions estivales (juillet)



# Déversements de propane à Châteauguay

## À partir d'une valve, dans des conditions hivernales (janvier)

-  École
-  Hôpital
-  Zone d'impact
-  Limites municipales
- Réseau routier**
  -  Autoroute
  -  Route nationale
  -  Route locale et rue
  -  Sites accidentogènes



Source: MTO, GEOCOM  
Réalisation: C. Drouin, 2006